



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

조경학석사 학위논문

도심 자전거 이용자 응시행동의  
특성 연구

The study of cyclists' gaze behavior in urban  
environment

2018년 2월

서울대학교 환경대학원

환경조경학과

장 국 화

# 도심 자전거 이용자 응시행동의 특성 연구

지도교수 김 세 훈

이 논문을 조경학석사 학위논문으로 제출함  
2017년 10월

서울대학교 환경대학원  
환경조경학과  
장 국 화

장국화의 석사 학위논문을 인준함  
2017년 12월

위 원 장

孫 鎬 勳

(인)

부위원장

송영근

(인)

위 원

김세훈

(인)

# 도심 자전거 이용자 응시행동의 특성 연구

서울대학교 환경대학원 환경조경학과  
장 국 화

위 논문은 서울대학교 및 환경대학원 환경조경학과 학위논문  
관련 규정에 의거하여 심사위원 및 초빙심사위원의 지도과정을  
충실히 이수하였음을 확인합니다.

2018년 2월

위 원 장 孫 鎭 勲 (서울대학교 환경대학원 교수)

부위원장 송 영 근 (서울대학교 환경대학원 교수)

위 원 김 세 훈 (서울대학교 환경대학원 교수)



## 국문 초록

본 연구에서는 자전거 이용자의 시선추적을 통해 도시환경과 자전거 이용자의 응시행동 간의 관계를 고찰하는 것을 목적으로 한다. 자전거 이용자가 도시환경을 어떻게 응시하는지, 도시환경이 자전거 이용자들의 응시에 어떤 영향을 미치는지를 논의하였다. 이를 통해 자전거 이용자의 행태에 대한 근본적인 이해를 돕고 향후 자전거 도로환경 계획에 있어 설계적 시사점을 제공할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

본 연구는 시선 추적 장치인 아이트래커(Eye tracker)를 이용한 현장실험을 통해 안구움직임을 정량적으로 측정하였다. 실험은 총 2차에 걸쳐 50명의 20대 대학생(대학원생)이 실험에 참여하였다. 실험구간은 서울시 송파구 내의 자전거 도로 중 교차로를 제외한 단일로만을 대상으로 선정하였다. 실험구간은 물리적 특징 차이에 따라 총 8개의 구간으로 구분하여 분석하였다.

50명의 실험데이터 중 40명의 실험데이터를 실제 분석에 이용하였다. 실험 도중 실험장비의 연결이 끊어져 측정데이터가 기록되지 않은 경우와 측정율(ETR)이 80% 이하인 경우 분석에서 제외하였다. 실험을 통해 획득한 자료는 데이터 보정과정을 통한 유효데이터 추출, 구간 분리, 데이터 시각화, AOI 분석을 통해 최종 응시 데이터를 추출하였다. 실험참여자 1명 당 평균 2350초의 시선추적 자료가 측정되었고 평균 762개(252초)의 안구 고정(fixation) 응시데이터가 추출되었다.

이를 통해 다음과 같은 결과가 도출되었다. 첫째, 자전거 이용자들은 도시환경을 두 개의 주요 응시지점(전방, 전방 20° 아래에 위치한 자전거 도로)을 중심으로 한 T자형의 응시범위를 통해 인식한다. 이러한 응시 범위의 형태는 자전거 주행 시 최소한의 안구 및 고개움직임을 통해 전방 및 주변 환경을 파악할 수 있는 가장 합리적인 응시범위 및 형태이다.

둘째, 자전거 이용자의 응시 유형은 다음 4가지로 구분할 수 있다. 이는 전방예측을 위한 응시, 경로 유지를 위한 응시, 도시경관 인식, 돌발 상황 인지를 위한 응시이다. 언제 발생할지 모르는 불확실한 돌발 상황으로의 응시를 제외하고 경로유지(46.7%), 전방예측(26.9%), 도시경관 인식(26.4%) 순으로 빈번하게 발생하였다.

셋째, 본 연구에서 주목한 자전거 도로의 차도와의 인접 여부 자전거 도로 분리 유무, 가로변 토지이용, 혼잡도 중 가장 응시 특징에 영향을 많이 미치는 것은 차도와의 인접 여부와 혼잡도였다. 도로가 차도 쪽으로 배치될수록 대체적으로 주행난이도가 증가하였고 경로유지를 위한 자전거 도로로의 응시가 증가하였다. 이와 함께 주행으로의 집중이 증가하고 도시경관의 인식이 감소하였다. 혼잡도의 경우 전방과 도로로의 응시에는 차이가 없었으나 주행과 관련 없는 정보로의 응시가 매우 감소하는 것으로 나타났다.

또한 가로변 토지이용의 경우 전방과 도로의 응시에는 영향을 미치지지는 못하였으나 가로변 토지이용의 특징에 따라 건물 및 식재로의 응시에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이와는 달리 물리적 분리유무의 경우 자전거 이용자의 응시행동에 유의미한 영향을 미치지 않았다.

이를 통해 도출된 설계적 시사점은 다음과 같다. 첫째, 자전거 도로를 설계함에 있어 특정 구간의 자전거 이용 목적에 맞는 응시 전략이 활용될 수 있도록 계획한다. 둘째, 혼잡도가 높지 않은 구간에서 자전거 전용차도와 겸용도로의 설치에 도시상황에 적절한 계획으로 적용될 수 있다. 셋째, 자전거 주행 시 공간적 힌트는 위험상황을 인지하는 것에 있어 중요한 역할을 하며 이를 적절히 활용하는 것이 중요하다.

■ 주요어 : 응시행동, 아이트래커, 시선 추적, 자전거 이용자

■ 학 번 : 2015-24909

# 목 차

## 제1장 서론

1절. 연구의 배경 및 목적 .....	01
1. 연구의 배경 .....	01
2. 연구의 목적 및 의의 .....	03
2절. 연구의 방법 및 구성 .....	04
1. 연구의 방법 및 범위 .....	04
2. 연구의 구성 .....	06

## 제2장 이론적 고찰

1절. 운전자의 시야 및 안구움직임 .....	08
1. 시야 (visual field) .....	08
2. 안구움직임 (Eye movement) .....	11
2절. 운전자의 시각 및 주행이론 .....	13
1. SEEV 모델(선택적 시각집중 이론) .....	13
2. Gaze constraint 모델(주행 시각 이론) .....	14
3. The task-capability interface 모델(주행난이도 이론) .....	16
3절. 아이트래킹 (Eye tracking) .....	18
4절. 선행연구 검토 .....	21
1. 자전거 이용자의 응시행동에 관한 연구 .....	21
2. 운전자의 응시 행동에 영향을 미치는 도시적 특징에 관한 연구 .....	25
3. 선행연구와의 차별성 .....	29

## 제3장 연구 방법

<b>1절. 측정 및 분석의 기준</b>	<b>31</b>
1. 응시행동에 영향을 미치는 도시적 특징의 기준	31
2. 응시 데이터의 측정 및 분석 기준	37
<b>2절. 현장실험</b>	<b>42</b>
1. 실험개요	42
2. 실험참여자	44
3. 실험구간	46
<b>3절. 분석방법</b>	<b>60</b>
1. 자료 처리 과정	60
2. 유효데이터 추출 및 분석구간의 분리	62
3. 데이터의 시각화 및 최종 시각데이터의 추출	65

## 제4장 결과분석 및 논의

<b>1절. T자형 응시행동</b>	<b>68</b>
1. T자형의 응시행동	68
2. 도시요소 별 응시행동	76
3. 응시 유형	84
4. 소결	87
<b>2절. 구간 별 응시행동</b>	<b>88</b>
1. 구간 별 도시요소로의 응시율 및 응시경로	88
2. 소결	104
<b>3절. 도시환경에 따른 응시행동</b>	<b>107</b>
1. 자전거 도로의 차도 인접 여부	107
2. 가로변 토지이용	110
3. 자전거 도로의 물리적 분리 유무	112
4. 혼잡도	114
5. 소결	116

## 제5장 결론

1절. 결론 및 시사점 .....	118
--------------------	-----

[참고문헌] .....	122
--------------	-----

[부록] .....	126
------------	-----

## ■ 표 목차

[표 2-1] 자전거 이용자의 시각연구 .....	24
[표 2-2] 응시행동에 영향을 미치는 도시적 요인 .....	25
[표 3-1] 상황적 특징의 예시 .....	36
[표 3-2] 분석구간 별 특징 개요 .....	49
[표 3-3] 평균 주행 속도, 1인당 유효 응시 데이터의 평균 및 표준편차 값 ·	63
[표 3-4] 구간 별 응시 데이터 평균 및 표준편차 값 .....	64
[표 3-5] AOI 영역 및 기준 .....	66
[표 4-1] 교통 안내 사인 종류 별 개수(개) 및 응시율(%) .....	80
[표 4-2] 주행 중 상충구간의 발생 빈도 .....	81
[표 4-3] 유형 별 빈도% (도로 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%)) .....	85
[표 4-4] 구간 1의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%) .....	88
[표 4-5] 구간 2의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%) .....	90
[표 4-6] 구간 3의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%) .....	92
[표 4-7] 구간 4의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%) .....	94
[표 4-8] 구간 5의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%) .....	96
[표 4-9] 구간 6의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%) .....	98
[표 4-10] 구간 7의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%) .....	100
[표 4-11] 구간 8의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%) .....	102
[표 4-12] 구간 별 응시 유형(%) .....	105
[표 4-13] 구간별 시각적 주의분산 된 응시데이터 .....	106
[표 4-14] 차도 인접 여부에 따른 각 요소별 응시율의 평균 및 표준편차(%) t(p) value .....	108
[표 4-15] 가로변 토지이용에 따른 각 요소별 응시율의 평균 및 표준편차(%) t(p) value .....	111
[표 4-16] 자전거 도로의 분리 유무에 따른 각 요소별 응시율의 평균 및 표준편차 (%), t(p) value .....	113

[표 4-17] 혼잡도에 따른 각 요소별 응시율의 평균 및 표준편차(%)

t(p) value ..... 114

## ■ 그림 목차

[그림 1-1] 연구 대상지 .....	05
[그림 1-2] 연구흐름도 .....	07
[그림 2-1] 운전자의 정보처리과정 .....	08
[그림 2-2] 운전자의 시야 .....	09
[그림 2-3] 주행 중 운전자의 시야 .....	10
[그림 2-4] 안구움직임 .....	11
[그림 2-5] gaze constraint 모델 .....	14
[그림 2-6] TCI 모델 .....	17
[그림 2-7] 아이트래킹 장비_ HED(좌), RED(우) .....	19
[그림 2-8] 자전거 이용자의 시각연구 흐름도 .....	22
[그림 3-1] 차도변 자전거 도로배치; 분리O(좌), 분리X(우) .....	33
[그림 3-2] 보도변 자전거 도로배치; 분리O(좌), 분리X(우) .....	33
[그림 3-3] 가로변 토지이용; 상업건물(좌), 녹지(우) .....	34
[그림 3-4] 그리드 분석의 기준 .....	37
[그림 3-5] 안구위치 좌표 값의 기준(X, Y좌표) .....	38
[그림 3-6] 응시 경로 맵(scan path) 예시 .....	39
[그림 3-7] 실험참여자 .....	43
[그림 3-8] 자전거 이용 목적(좌), 자전거 이용 횟수(우) .....	45
[그림 3-9] 주행구간 .....	46
[그림 3-10] 주행구간 내 자전거 도로(좌), 토지이용(우) .....	47
[그림 3-11] 분석구간 .....	48
[그림 3-12] 혼잡도_ 낮음(좌), 보통(우) .....	48
[그림 3-13] 구간 1의 가로단면 .....	51

[그림 3-14] 구간 1의 상업가로 .....	51
[그림 3-15] 구간 2의 가로단면 .....	52
[그림 3-16] 구간 2의 도로환경 .....	52
[그림 3-17] 구간 3의 가로단면 .....	53
[그림 3-18] 구간 3의 도로환경 .....	53
[그림 3-19] 구간 4의 가로단면 .....	54
[그림 3-20] 구간 4의 도로환경 .....	54
[그림 3-21] 구간 5의 가로단면 .....	55
[그림 3-22] 구간 5의 도로환경 .....	55
[그림 3-23] 구간 6의 가로단면 .....	56
[그림 3-24] 구간 6의 상업가로 .....	56
[그림 3-25] 구간 7의 가로단면 .....	57
[그림 3-26] 구간 7의 도로환경 .....	57
[그림 3-27] 구간 8의 가로단면 .....	58
[그림 3-28] 구간 8의 도로환경 .....	58
[그림 3-29] 분석구간 내 상충구간_ 교차로 및 진출입구(좌), 버스정류장(우) .....	59
[그림 3-30] 데이터 처리 과정 .....	60
[그림 3-31] 유효데이터 추출 과정 .....	62
[그림 3-32] 구간7의 맵핑템플릿 .....	65
[그림 3-33] 맵핑 과정 .....	66
[그림 3-34] 자전거 주행 중 특별 이벤트 예시 .....	67
[그림 3-35] Heat map(좌), AOI 분석(우) .....	67
[그림 4-1] Grid 분석맵_응시 범위 및 응시율(%) .....	68
[그림 4-2] T자형 응시 범위 .....	69
[그림 4-3] 응시위치(X, Y값)의 변화과정 .....	72
[그림 4-4] 일반적인 상황에서의 응시변화 .....	73
[그림 4-5] 전방 운전자에 따른 응시변화 .....	74



[그림 4-6] 상충구간에서의 응시변화 .....	75
[그림 4-7] 전방 응시범위(좌), 도로 응시범위(우) .....	76
[그림 4-8] 건물 응시범위(좌), 보행자 및 차량 응시범위(우) .....	77
[그림 4-9] 지면 높이 교통 표지판 및 노면 사인 .....	79
[그림 4-10] 지면 위 3m 높이의 교통 표지판 .....	79
[그림 4-11] 상충 구간 전 공간적인 힌트 .....	82
[그림 4-12] 상충구간에서의 응시확장(급작스러운 응시변화) 비율(%) .....	83
[그림 4-13] 덜 뚜렷한 힌트(좌), 뚜렷한 힌트(우) .....	83
[그림 4-14] T자형의 응시범위 및 응시 유형의 범위 .....	84
[그림 4-15] 구간 1의 응시 경로 맵(Scan path) .....	89
[그림 4-16] 구간 2의 응시 경로 맵(Scan path) .....	91
[그림 4-17] 구간 3의 응시 경로 맵(Scan path) .....	93
[그림 4-18] 구간 4의 응시 경로 맵(Scan path) .....	95
[그림 4-19] 구간 5의 응시 경로 맵(Scan path) .....	97
[그림 4-20] 구간 6의 응시 경로 맵(Scan path) .....	99
[그림 4-21] 구간 7의 응시 경로 맵(Scan path) .....	101
[그림 4-22] 구간 8의 응시 경로 맵(Scan path) .....	103
[그림 4-23] 차도 인접 배치(좌), 보도 인접 배치(우) .....	108
[그림 4-24] 상업건물(좌), 녹지(우) .....	110
[그림 4-25] 물리적 분리X(좌), 물리적 분리O(우) .....	112
[그림 4-26] 도시적 특징과 응시 유형과의 관계 .....	117

# 제1장 서론

## 1절 연구의 배경 및 목적

### 1) 연구의 배경

1995년 자전거 이용활성화 법이 도입된 이후 지속적인 자전거 활성화 정책이 이루어지고 있다. 서울시의 따릉이, 안산시의 페달로 등과 같은 공공 대여 자전거, 자전거 도로 확충, 자전거 교육 등과 같은 정책을 통해 교통수단으로서의 자전거 이용에 대한 관심이 나날이 증가하고 있다. 이와 함께 자전거 사고 또한 증가하고 있다. 자전거 사고로 인해 매년 300명에 가까운 사망자가 발생하고 있으며 연평균 10% 내외의 자전거 사고 증가율을 보이고 있다<sup>1)</sup>.

이러한 배경아래 자전거 사고의 원인을 자전거 이용자의 주행 행태를 통해 밝히려는 시도가 2000년대에 들어 점차 논의되고 있다. 이 중 자전거 이용자가 외부 환경을 어떻게 인식하는지를 밝히는 것은 자전거 이용자의 행태를 이해하는 것에 있어 가장 근본적인 접근이다.

자전거 이용자는 원활한 주행을 위해 주변 도시환경에 대한 정보를 끊임없이 주시하고 받아들인다. 주로 시각을 통해 받아들인 정보는 기존 운전자의 경험을 바탕으로 뇌에서 정보처리과정을 거치게 된다. 이를 바탕으로 운전자는 도로상황에 적합한 행동을 결정한다.<sup>2)</sup> 만일 이 과정에서 운전자가 전방상황에 집중하지 않고 주행에 필요한 시각정보를 원활히 습득하지 못한다면 인식 및 지각과정에 부정적인 영향을 미치게 된다. 이는 결국 부적절한 행동 결정으로 이어져 사고위험이 증가하게 된다.

---

1) 정경옥, 이재용(2015), 『자전거 교통사고 급증 원인 분석과 대책』, 한국교통연구원

2) Hajime Ito et al.(2001), "Visual Distraction while Driving: Trends in Research and Standardization", *IATSS Research*, 25(2), pp.20-28

이에 학계에서는 2000년대 중반 이후로 네덜란드, 일본, 뉴질랜드 등 자전거 선진국을 중심으로 시선추적과 같은 새로운 방법론을 적용하여 자전거 이용자들의 시각집중과정을 연구하기 시작하였다. 자전거 이용자의 응시 행동(gaze behavior)에 대한 논의를 위험인식, 주변 경관의 탐색, 연령 및 환경적 특징에 따른 차이 등 다양한 관점을 통해 고찰해왔다(Vansteenkiste et al., 2013, 2014, 2015, 2016; Ahlstrom et al., 2016; Mantuano et al., 2016; Frings et al., 2014; Zeuwts et al., 2016). 그러나 아직까지 자전거 이용자들의 응시행동에 대한 논의는 실질적으로 자전거 이용자의 응시행동을 예측하기에는 미흡한 실정이다. 또한 자전거 이용자들의 시각에 대한 논의와 함께 이러한 시각이 도시환경에 어떠한 영향을 받는지에 대한 논의가 필요함에도 불구하고 충분히 고려되지 못하고 있다.

## 2) 연구의 목적 및 의의

본 연구에서는 자전거 이용자의 시선추적을 통해 도시환경과 자전거 이용자의 응시행동 간의 관계를 고찰하는 것을 목적으로 한다. 이를 통해 자전거 이용자의 행태에 대한 근본적인 이해를 돕고 향후 자전거 도로환경 계획에 있어 설계적 시사점을 제공할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

이를 위한 구체적인 목표는 다음과 같다.

첫째, 자전거 이용자들이 도시환경을 어떻게 응시하는지 파악한다. 응시 범위, 주요 응시지점, 응시경로 등을 통해 자전거 이용자들이 도시환경을 인식하는데 있어 특정 패턴을 도출한다. 또한 다양한 도시요소에 대한 자전거 이용자의 응시행동 특징들을 고찰하고자 한다.

둘째, 도시환경이 자전거 이용자들의 응시행동에 어떤 영향을 미치는지 분석한다. 이론적 고찰을 통해 자전거 이용자의 응시에 영향을 미칠 것으로 예상되는 도시적 요인들을 도출한다. 이후 이러한 특징들이 응시행동에 미치는 영향에 대하여 논의하고자 한다.

## 2절 연구의 방법 및 구성

### 1) 연구의 방법 및 범위

#### ■ 연구의 방법

본 연구는 시선 추적 장치인 아이트래커(Eye tracker)를 이용한 현장실험을 통해 안구움직임을 정량적으로 측정함으로써 자전거 이용자 응시행동의 특징을 도출하고자 한다.

본 연구에서 사용한 실험장비는 고글형 장치인 HED(Head Mount Eye Tracking Device)로서 컴퓨터에 부착되어 안구움직임을 추적하는 RED(Remote Eye Tracking Device)와는 달리 야외에서 이동하면서 측정할 수 있기 때문에 자전거 현장실험에 적합하다.

현장실험은 실험 장비를 착용한 피실험자가 정해진 실험구간을 자유로운 속도로 주행할 수 있도록 진행되었다. 실험구간은 서울시 송파구 내의 자전거 도로(자전거 전용도로, 자전거 겸용도로)가 설치된 구간 중 평지(2%이내)를 대상으로 선정하였다. 또한 자전거 도로 구간 중 교차로를 제외한 단일로만을 대상으로 응시데이터를 분석하였다.

현장실험에서 획득한 응시데이터는 Tobii Pro Glasses Analyzer 프로그램을 이용하여 자전거 도로 특징 별로 구간을 분리한 후 데이터 보정과정을 통해 유효데이터를 추출하였다. 이후 데이터 시각화를 거쳐 AOI 분석(Area of Interest)을 통해 특정 영역에 대한 최종 응시데이터를 추출하였다. 마지막으로 추출된 응시 데이터를 통해 자전거 이용자의 전반적인 응시 특징을 파악하였다. 이와 함께 도시적 특징 별로 응시 행동의 차이점을 살펴보고 독립표본 T 검정을 통해 유의성을 검증하였다.

## ■ 공간적 범위

본 연구의 공간적 범위는 서울시 송파구 일대를 대상으로 하였다. 송파구의 경우 자전거도로의 총 길이가 79km<sup>3)</sup>로 전체 자치구 중 가장 긴 자전거 도로를 가지고 있다. 또한 송파구는 동남쪽 일부를 제외하고는 2%이내의 평지로 이루어져 있으며 격자형의 계획된 도시조직을 가지고 있어 자전거를 이용하기 용이하다. 이러한 이유로 송파구에서 자전거 이용률은 서울시에서 높은 수준을 유지하고 있고 그에 따라 자전거 사고 또한 서울시에서 가장 많이 발생하고 있다<sup>4)</sup>. 따라서 본 연구에서는 자전거 이용자의 다양한 주행상황을 파악하기에 송파구가 적절하다고 판단하여 연구 대상지로 선정하였다.



[그림 1-1] 연구 대상지

3) 서울시설공단(2016), “공공자전거 운영현황 보고서” (2016년 7월), p. 14.

4) 2014년 경찰청 교통사고 통계에 따르면 서울시 자전거 사고는 총 4,062건이 발생하였다. 이 중 송파구가 422건으로 전체 자치구 중에 가장 높았다.

## 2) 연구의 구성

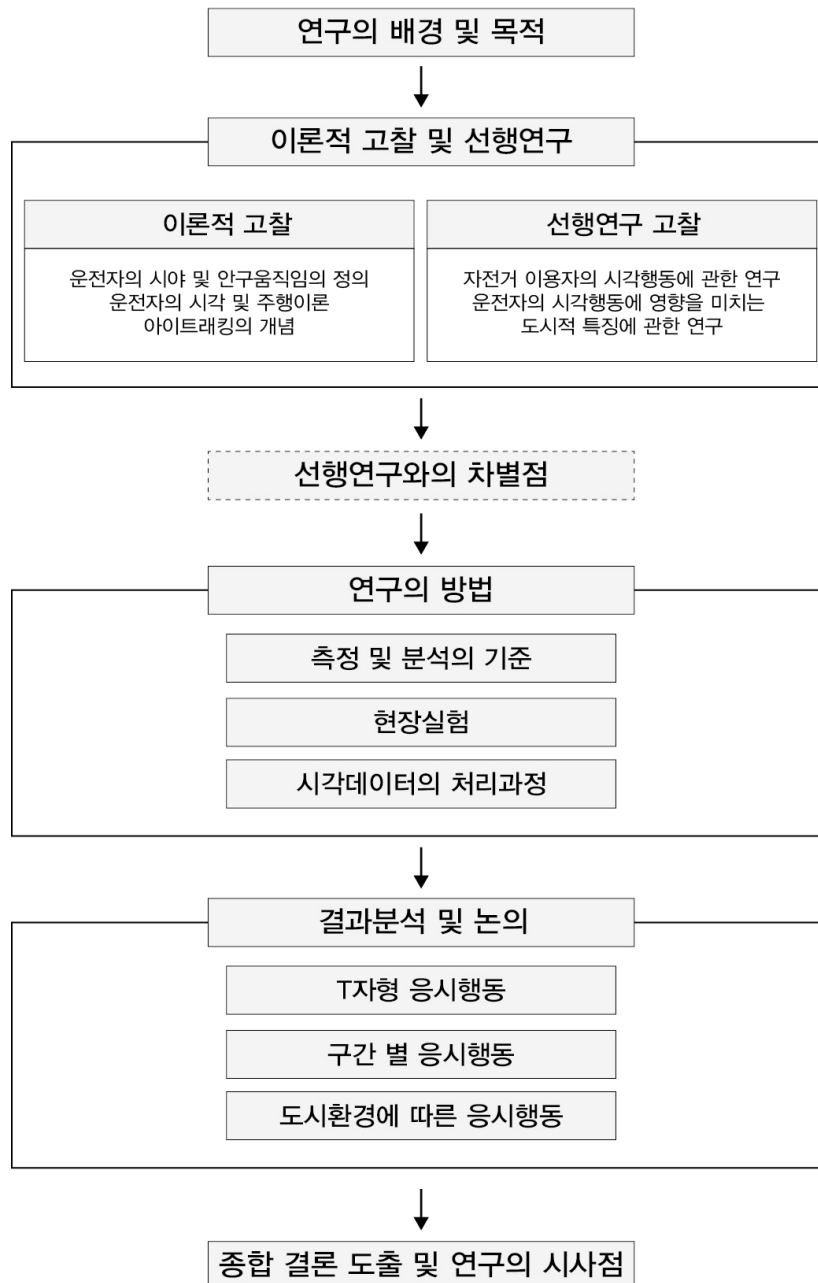
본 연구는 다음과 같은 구성으로 이루어진다. 연구의 2장에서는 운전자의 시야 및 안구움직임, 운전자의 시각 및 주행이론, 아이트래킹에 대한 이론적 고찰을 진행하였다. 또한 기존의 자전거 이용자의 응시행동에 관한 연구와 운전자의 시각적 행동에 영향을 미치는 환경적 요인에 관한 선행 연구 고찰을 진행하였다. 이를 통해 선행연구와의 차별점을 도출하고 본 연구의 측정 및 분석의 기준을 정의하였다.

3장의 현장실험에서는 응시행동에 영향을 미칠 것으로 예상되는 도시적 특징과 응시데이터의 측정 및 분석기준을 정의하였다. 이와 함께 실험참여자, 실험구간, 실험진행방법에 대한 설명과 획득된 응시데이터의 자료처리과정을 통해 유효데이터를 추출하였다.

4장에서는 이를 통해 획득된 응시데이터의 결과를 분석함으로써 자전거 이용자의 응시행동특징을 도출하고 구간 별, 도시적 특징 별로 응시행동의 특징 및 차이점을 살펴보았다.

마지막으로 5장에서는 종합적인 결론을 도출한 후 연구의 설계적 시사점과 연구의 한계에 대해 제시하였다.

전체 연구의 구성은 아래 [그림 1-2]와 같다.



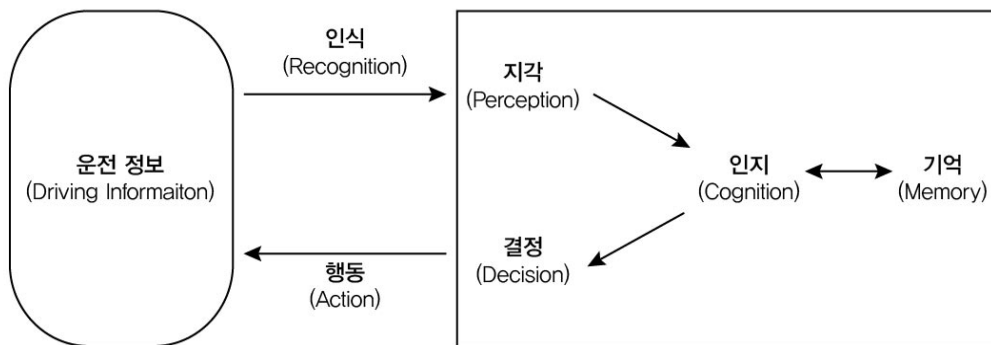
[그림 1-2] 연구흐름도



## 제2장 이론적 고찰

### 1절 운전자의 시야 및 안구움직임

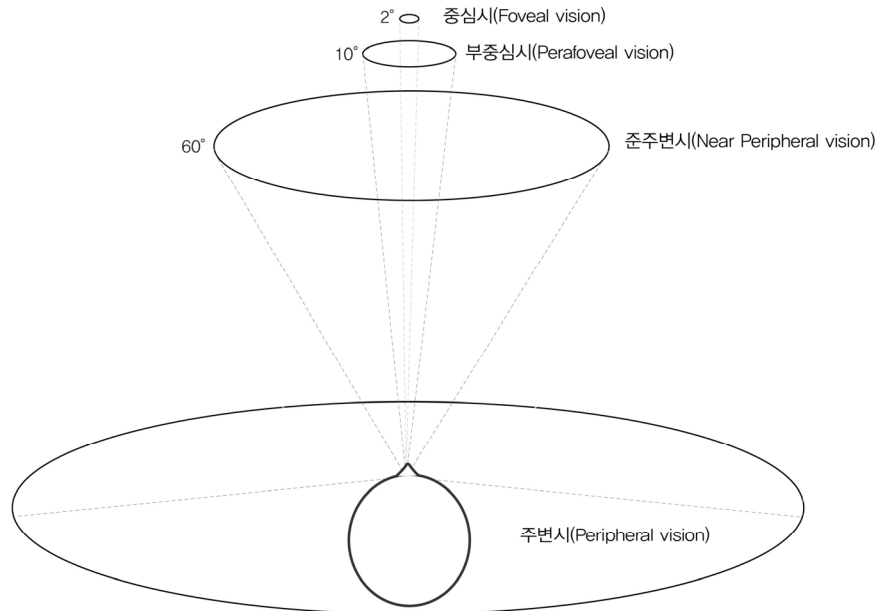
#### 1) 운전자의 시야(visual field)



[그림 2-1] 운전자의 정보처리과정 (출처 : Hajime et al.(2001) 재구성)

시각은 외부환경의 80~90% 정보를 획득하는 인간의 중요한 감각기관이다. 운전자는 시각을 통해 인지한 도로환경의 수많은 정보들을 근거로 운전상황에 대한 판단을 내리기 때문에 시각은 운전자의 주행에 있어 없어서는 안 될 필수적인 감각기관이다.

인간은 수평면 상으로 좌우 각각 90° 이상, 수직면 상으로 상하 각각 65° 이상의 시야범위 내에서 시각자극을 탐지하고 이해한다. 그러나 이 범위 내의 모든 정보가 동시에 같은 정도로 탐지되는 것은 아니다. 인간의 시야는 인지되는 정보의 특징에 따라 크게 중심시(Foveal vision)와 주변시(Peripheral vision)로 구분이 가능하다.



[그림 2-2] 운전자의 시야 (출처 : 시각심리학(2003) 재구성)

첫 번째로 중심시(Foveal vision)란 망막의 중심와<sup>5)</sup> 부분에 시각상이 맺히는 시각상태로서 약 1° 내지 2° 정도의 시각도(visual angle)를 가진다. 우리가 어떤 지점에 초점을 맞추고 본다는 것은 그 지점이 중심시 내에 위치한다는 것과 같다. 중심시는 전체 시야 범위 내에서 그 크기는 매우 작지만 우리가 보는 것에 매우 정교하고 명확한 정보를 제공한다.<sup>6)</sup> 이와 함께 10° 내외의 범위를 부중심시(Parafoveal vision)이라고 하며 중심와의 외곽 영역에 시각상이 맺히는 상태를 말한다. 이 영역에서 자극에 대한 어느 정도의 탐지는 가능하나 중심시와는 달리 그 시각정보가 명확하지 않다.

두 번째로 주변시(Peripheral vision)란 10° 이상의 범위를 말하며 중심시에 비해 그 해상도가 현저히 떨어지기 때문에 어떤 물체에 대한 정보를 파악하지

5) 중심와란 망막 중앙 가까이의 작은 오목한 부분으로 주로 밝은 곳에서 색조 감각과 물체의 형태를 감지하는 수많은 원추세포가 밀집되어 있다. 눈이 어떤 물체를 주시하였을 때 주시한 물체의 상이 중심와에 맺히게 되고 이때 그 물체의 정보를 파악한다.

6) Lsolso Robert, 신현정 (역) (2003), 『시각심리학』, 시그마프레스

는 못하나 물체의 움직임에 대해 민감하게 반응한다. 따라서 주변시는 중심시 이외의 배경 영역에 대한 물체의 움직임, 간략한 형태 등에 대한 정보를 제공하는 부가적인 역할을 수행한다.

즉, 운전자가 도로상황을 주시할 때 중심시를 통해 특정 지점의 세부정보를 파악하고 주변시를 통해 주변 차량이나 보행자의 움직임 및 가로수나 건물, 차선 등과 같은 물체의 유무와 대략적인 형태를 파악한다.



[그림 2-3] 주행 중 운전자의 시야

또한 앞서 설명한 것과 같이 운전자는 시야의 모든 정보를 동시에 다 파악할 수 없고 중심시 범위내의 정보만 명확하게 파악 가능하다. 따라서 도시 장면을 파악한다는 것은 안구운동을 통해 이러한 중심시의 위치를 끊임없이 이동시키고 재초점을 맞추면서 이에 근거한 인상을 형성해서 보는 것을 말한다.<sup>7)</sup>

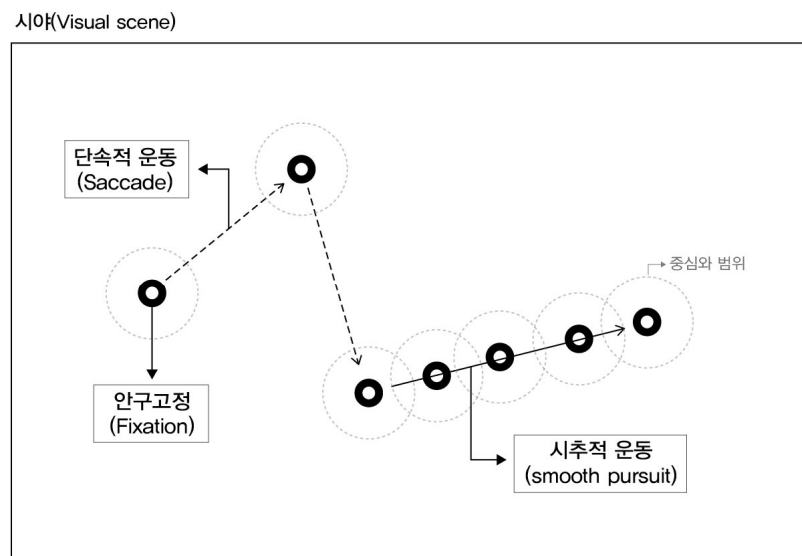
---

7) 같은 책

## 2) 안구움직임(Eye movement)

운전자의 시야는 머리 움직임(Head movement)을 통해 확장된다. 이와 함께 고정된 시야 내에서는 안구 움직임(Eye movement)을 이용하여 중심시의 위치가 이동하고 이를 통해 외부의 시각정보를 파악한다.

우리의 시야는 굉장히 안정되어 보이지만 실제로 우리의 눈은 끊임없이 움직임을 통해 한 지점에 초점을 맞추고 이어서 다른 지점에 초점을 맞추는 과정을 반복한다. 즉, 다시 말하면 우리의 눈은 한 곳만 고정되게 응시하는 정지된 조작(static operation)이 아니라 눈의 근육이 끊임없이 수축하고 이완하는 역동적 조작(dynamic operation)이다<sup>8)</sup>. 이는 대부분 자동적이지만 의식적인 통제 하에 조절가능하다. 이러한 안구움직임은 크게 안구고정(Fixation), 단속적 안구운동(Saccade), 시추적 안구운동(Smooth pursuit)으로 구분 가능하다. [그림 2-4]



[그림 2-4] 안구움직임

8) 같은 책

첫 번째로 안구 고정(Fixation)이란 시야 범위 내 특정지점에서 안구 운동이 멈춘 지점을 말한다. 시선이 고정될 때 응시 시간은 약 100 ~ 600ms로 정의<sup>9)</sup>되며 시선이 고정되었을 때 중심시를 통해 물체에 대한 정보를 얻는다. 기존 이론에 의하면 시선이 고정되었을 때 응시 시간이 약 100ms 이상이 되면 주의가 집중된 것으로 볼 수 있으며 200ms 이상이 되면 의식적으로 주시한 것, 300ms 이상이 되면 시각적으로 이해한 것으로 해석된다<sup>10)</sup>. 또한 시선이 고정되었을 때의 지속시간은 일반적으로 인지부하(cognitive load)와 관련이 있다고 알려져 있다. 지속시간이 길수록 정보 처리 과정이 복잡하거나 어려움을 겪고 있다는 신호로 볼 수 있다.

두 번째로 단속적 안구운동(Saccade)이란 안구 운동의 한 종류로서 하나의 안구 고정 지점에서 다른 안구 고정 지점으로의 움직임 말한다. 19세기 읽기와 관련하여 Emile Javal에 의해 처음 도입된 개념<sup>11)</sup>으로 단속적 안구운동의 패턴은 개인마다 다른 형태로 나타난다. 단속적 안구운동의 평균 시간은 약 20~40ms로 전체 응시 시간의 약 10%를 차지한다. 또한 안구 이동이 일어나는 동안 세부 특징을 파악하는 능력이 현저하게 감소하여 시각적 정보처리가 거의 이루어지지 않는다. 이를 시각적 훼손(visual smear)이라고 부른다<sup>12)</sup>.

세 번째로 시추적 안구 운동(Smooth Pursuit)이란 정적인 물체를 바라보는 안구 고정과는 다르게 움직이는 물체를 따라 시선이 이동하는 것을 말한다. 이는 움직이는 물체를 천천히 따라가며 중심시에 위치시킴으로서 단속적 안구운동과는 달리 안구 이동 중에 시각적 훼손이 발생하지 않는다. 시추적 안구운동은 90 ~ 15ms의 지속시간을 가지며 초당 약 30도 미만의 움직임을 보인다. 만일 안구 이동이 초당 약 30도 이상으로 움직인다면 시추적 안구운동은 안구 고정과 단속적 안구 운동으로 대체된다.<sup>13)</sup>

9) “아이트래킹이란” <https://tobiikorea.wordpress.com/2015/09/21/eye-tracking/> (검색일:2017년 9월 5일).

10) 김종하(2014), “시선추적과 인지”, 건축학회, 58(9), pp. 21-26

11) Wade Nicholas(2010), “Pioneers of eye movement research,” *Perception*, 1(2), pp. 33-68

12) Lsolso Robert, 신현경 (역) (2003), 『시각심리학』, 시그마프레스

13) “아이트래킹이란” <https://tobiikorea.wordpress.com/2015/09/21/eye-tracking/> (검색일:2017년 9월 5일).

## 2절 운전자의 시각 및 주행이론

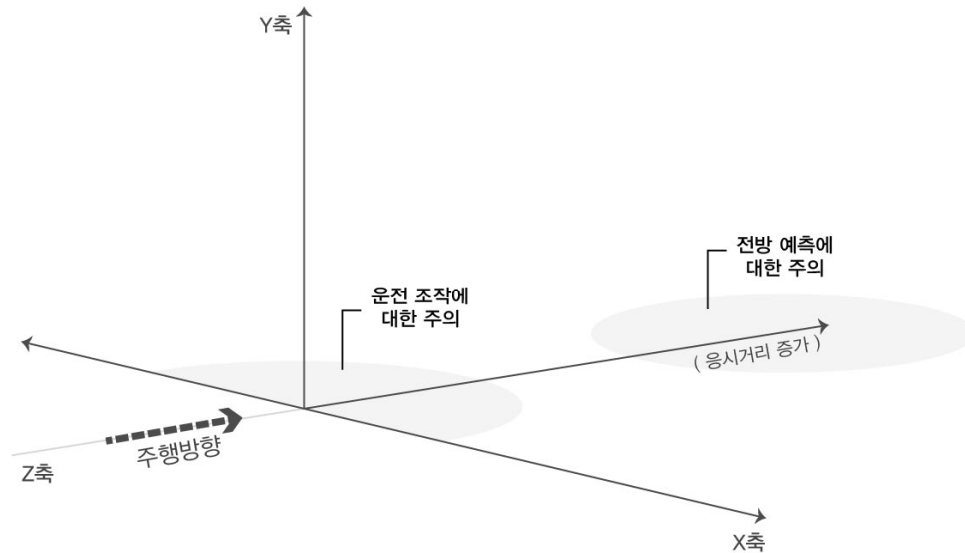
### 1) SEEV 모델 (선택적 시각집중 이론)

운전자는 주행 중 시각정보를 응시할 때 도시환경의 모든 정보를 습득하는 것이 아니라 선택적으로 습득한다. SEEV 모델이란 자동차 운전자의 선택적인 시각 집중의 패턴을 설명하는 이론으로 4가지 요인에 의해 조절된다(논문논문). 이는 두 가지의 상향식(Bottom-up)요인인 현저성(Salience) 및 노력(Effort)과 하향식(Top-down)요인인 기대(Expectancy) 및 가치(Value)이다. 상향식(Bottom-up)이란 외부 요인에 의해 운전자의 시각 집중이 야기되는 것을 말하며 이와 달리 하향식(Top-down)은 운전자의 내적 요인에 의해 외부로의 시각 집중이 야기되는 것을 말한다.

상향식 요인으로서 현저성(Salience)이란 도시 상황에서 특정 외부 요인이 얼마나 눈에 띄는 가를 말한다. 시각적으로 쉽게 인식될수록 운전자의 시각 집중이 유도된다. 이와 함께 노력(Effort)이란 주로 안구 이동(Saccade)과 관련된 내용으로 두 요소를 연속적으로 인식할 때 요구되는 노력을 말한다. 만일 두 요소간의 거리가 멀다면 안구이동이 발생할 확률이 감소하게 된다.

이와는 달리 운전자의 내적 요인에 의한 하향식 요인으로서 기대(Expectancy)는 운전자가 주행과 관련되어 응시하기를 예상하는 요소로의 시각집중을 말한다. 운전자는 본인의 주관적인 경험에 기대어 특정 도시상황에서 보아야 할 정보를 예측하고 이러한 곳으로의 시각집중을 하고자 한다. 이와 함께 가치(Value)란 그 시각 정보가 주행과 얼마나 관련이 있는지와 관련된다. 그 정보가 주행 도중 얼마나 응시할 가치가 있느냐에 따라 시각집중이 조절된다.

## 2) Gaze constraint 모델 (주행시각 이론)



[그림 2-5] gaze constraint 모델 (출처 : Vansteenkiste et al.(2013))

운전자가 바라보는 도시환경은 2차원이 아닌 3차원의 공간으로 구성되어 있다. 운전자는 단순히 도시공간을 시야범위 내의 X축, Y축에 한하여 보는 것이 아니라 Z축으로 나타나는 공간의 깊이를 고려하여 응시한다.

자전거 이용자가 3차원의 도시환경을 어떻게 응시하면서 주행하는지에 관해서는 Vansteenkiste et al.(2013)에 의해 제시된 ‘gaze constraint model’에 의해 설명가능하다. 기존 자동차 운전자에 적용되던 ‘The two level model of steering’ 이론<sup>14)</sup>과 유사한 이론으로 안전한 자전거 주행을 위해 다음 두 가지

14) The two level model of steering 이론은 Donges(1978)에 의해 제시된 주행이론으로 자동차 운전자가 전방예측, 경로유지의 2가지 주의에 의해 주행이 야기된다는 이론이다. 이에 따르면 자동차 운전자의 경우 주로 전방예측을 위해 전방을 응시하며 경로유지를 위한 도로응시는 간헐적으로 발생한다고 알려져 있다. 또한 경로유지의 경우 중심시보다 주변시를 이용하여 주의를 기울이는 것으로 해석한다.

의 주의와 응시행동을 야기한다.

첫 번째로 안전한 운전 조작을 위한 주의이다. 이 주의를 원활한 자전거 주행을 유지하기 위해 주로 가까운 거리로의 응시를 유도한다. 예를 들면 자전거 도로 라인을 벗어나지 않기 위해 자전거 도로를 응시하거나 주변의 물체와 부딪히지 않기 위해 경계석, 화단 등을 응시하는 것이 이러한 주의라고 볼 수 있다. 즉, 이는 경로 유지를 위한 응시를 말하며 주로 자전거 도로와 같이 진행방향에서 근접한 영역으로의 응시를 말한다. 또한 이러한 주의의 필요성은 주행의 복잡성과 함께 증가하고 숙련도에 따라 감소한다고 알려져 있다(Vansteenkiste et al., 2013).

두 번째로 도로상황을 예측하기 위한 주의이다. 이는 앞으로 발생할지도 모르는 위험상황을 예측하고 진행방향을 확인하고자 발생한다. 이러한 주의는 대부분 멀리 떨어진 지점으로의 응시를 유도하는데 전방을 주시한다는 것이 이러한 응시에 포함된다. 이는 속도의 증가와 예상치 못한 환경에 직면했을 때 증가한다.

이 이론에 따르면 예측에 대한 주의보다 경로 유지를 위한 주의의 필요성이 더 높을 경우 근방의 도로를 더 빈번하게 응시하게 되고 이는 전방을 주로 응시하는 자동차 보다 보행자의 응시행동<sup>15)</sup>과 유사하다. 이와는 달리 예측에 대한 주의가 더 높을 경우 자동차와 같이 전방으로의 응시가 증가한다.

이와 함께 두 가지 주의에 대한 필요성이 낮을 경우 응시해야할 시각정보에 대해 제한이 적다. 반면에 두 주의에 대한 필요성이 높아질수록 주행과 관련 없는 정보로의 응시에 대한 제한이 높아진다.

---

15) 보행자의 응시행동은 자동차와는 달리 전방으로의 응시가 적고 주변 경관으로의 응시가 매우 빈번한 것으로 알려져 있다.



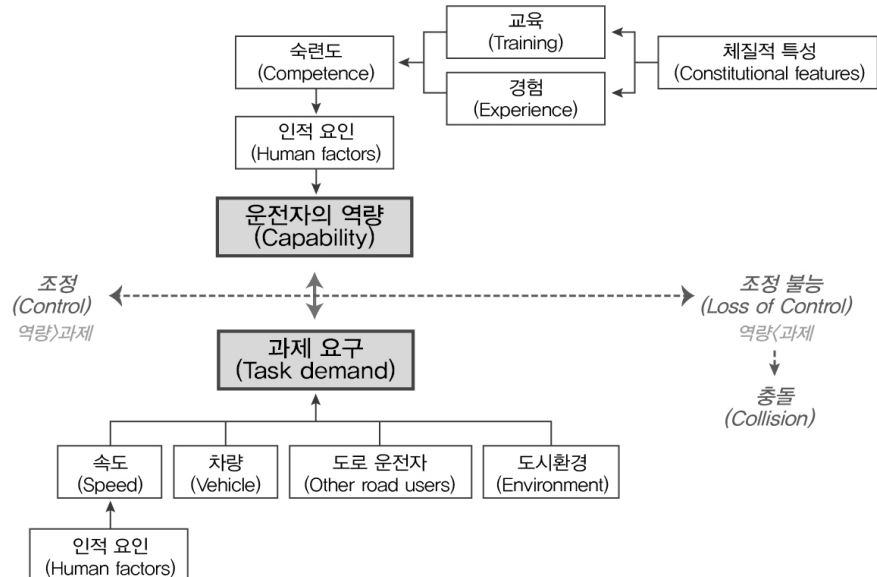
### 3) The task-capability interface 모델 (주행난이도 이론)

다양한 시각연구에서 주행난이도(Task difficulty)는 운전자의 응시행동을 변화시키는 가장 중요한 요인으로 알려져 왔다(Edquist et al., 2012; Vansteenkiste et al., 2014; Ahlstrom et al., 2016). 주행난이도가 높을수록 주행과 관련 있는 정보로의 응시가 증가하고 관련 없는 정보로의 응시가 감소한다. 이러한 주행난이도는 Fuller(2005)에 의해 제시된 ‘The task-capability interface model’ (TCI 모델)에 의해 설명될 수 있다.

TCI 모델은 자동차 운전자의 주행난이도가 어떤 요인에 의해서 결정되는지 설명하는 이론으로 자전거 운전자의 주행난이도 또한 부분적으로 설명가능하다. 이 모델에 따르면 주행난이도는 과제 요구(task demand)와 운전자의 역량(capability)의 상호작용에 의해 결정된다. 두 요인은 각기 독립적인 요인으로 과제 요구가 운전자의 역량보다 낮을 경우 운전자의 주행난이도는 낮고 원활한 주행이 가능하다. 그러나 과제 요구가 운전자의 역량보다 높아질 경우 주행난이도는 증가하게 되고 운전자가 원활한 주행을 하는데 어려움이 생긴다. 또한 이 경우 사고발생가능성이 증가하게 된다.

이러한 과제 요구와 운전자의 역량을 결정짓는 요인은 다음 [그림 2-6]과 같다. 운전자의 역량은 주로 인적 및 개인적 요인에 의해 결정된다. 이는 운전자의 태도, 동기, 노력, 피곤정도, 주의분산, 감정, 스트레스 등과 관련된 것으로 운전자의 역량에 직접적인 영향을 미친다. 이와 더불어 이러한 인적요인은 숙련도에 의해 영향을 받으며 숙련도는 운전 경험, 교육에 의해 결정된다.

이와는 달리 과제 요구는 주로 환경적 요인에 의해 결정된다. 가시성, 도로 배치, 도로 사인, 신호 등과 같은 도시적 특징과 다른 도로 운전자 및 차량, 속도를 통해 조절된다. 여기서 도로 운전자는 주행 시 혼잡도에 영향을 미치며 차량은 자동차와 자전거와 같은 기기 자체의 문제이다.



[그림 2-6] TCI 모델 (출처 : Fuller(2005) 재구성)

운전자는 자신이 주관적으로 감당할 수 있는 범위의 주행 난이도 수준을 정하고 이 범위를 유지하려고 노력한다. 과제 요구와 운전자의 역량은 절대적으로 일정한 수준이 정해진 것이 아니라 일정한 주행 난이도를 유지하기 위해 주행 중 시시각각 변화한다. 만일 운전자의 역량이 과제에 비해 과도하게 커서 주행 난이도가 너무 낮을 경우 과제 수준을 올려 일정한 수준을 유지한다. 왜냐하면 주행 난이도가 너무 낮거나 너무 높을 경우 오히려 운전자의 역량이 낮아져 운전 중 졸리거나 피로를 느끼게 되기 때문이다. 이러한 주행난이도를 조절하는 방법으로 주로 경로 선택, 속도 조절이 이용된다. 또한 운전자로 하여금 인식되는 환경의 위험 정도는 주행 난이도와 비례하는 경향을 띤다.

### 3절 아이트래킹

아이트래킹(Eye tracking)이란 눈동자의 위치를 추적함으로써 이용자가 어디를 보는지를 정량적이고 객관적으로 측정하는 기술이다. 아이트래킹은 인간이 시각을 이용하여 외부의 정보를 어떻게 받아들이는지에 대한 기존 연구들의 방법론적인 한계를 극복시켰다는 점에서 그 의의가 있다. 또한 아이트래킹을 통해 기존의 연구에서 측정하기 불가능했던 무의식적인 시각행태를 이해할 수 있다.

이러한 안구 움직임을 추적하기 위한 시도는 1800년대 후기에 처음 시작되었다. 이러한 시도는 어떻게 뇌와 시각이 함께 작동하는지에 대한 기초 이론을 이해하기 위해 처음 진행되었다. 안구 움직임을 객관적인 자료로 변환할 수 있는 초기의 방법은 Taylor(1871)에 의해 개발된 것으로 실험자가 스스로 본인의 눈을 망원경, 거울 등을 통해 관찰하는 것이었다.<sup>16)</sup> 이후 Javal(1879)에 의해 눈의 잔상의 위치를 이용한 측정 방법, Delabarre(1898)에 의해 얇은 막 대기가 달린 렌즈<sup>17)</sup>를 착용함으로써 응시 지점을 표시하여 측정하는 방식이 이용되었다. 이러한 측정 방식들은 안구의 위치를 측정한다는 것에 있어 의미가 있지만 객관적이지 못하고 안구와 직접적인 접촉을 일으켜 눈에 좋지 않은 영향을 주었다. 그러나 1900년대에 들어 카메라(Film recording)를 이용한 아이트래킹 기술이 개발되면서 보다 안전하고 객관적인 측정이 가능해졌다. 이후 1990년대 후기 현재와 비슷한 아이트래커가 개발되어 학계를 넘어 상업적으로도 이용되기 시작하였다.<sup>18)</sup>

---

16) Richardson Daniel and Spivey Michael(2004), 『Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering』, CRC Press

17) 초창기 사용된 렌즈는 석고(a plaster of paris)를 이용하여 제작되었다.

18) Schall Andrew and Bergstrom Jennifer(2014), 『Eye Tracking In User Experience Design』, Elsevier

최근 이용되는 아이트래커는 눈동자의 움직임을 추적하기 위해 PCCR(Pupil centre corneal reflection)<sup>19)</sup>이라는 기술을 이용한다. 각막(cornea)에 근적외선(near infrared light)을 반사시킨 후 카메라를 통해 이를 포착한다. 포착된 반사 이미지를 통해 안구의 위치를 설계된 알고리즘에 따라 X, Y, Z 좌표로 나타낸다<sup>20)</sup>. 이를 통해 측정된 안구 위치 데이터는 보정과정을 거쳐 안구 고정(fixation), 단속적 안구운동(saccade), 시추적 안구운동(smooth pursuit)으로 구분하여 분석에 이용된다.

아이트래커(Eye tracker)는 크게 고정형 장치인 RED(Remote Eye Tracking Device)와 이동형 장치인 HED(Head Mount Eye Tracking Device)로 구분가능하다<sup>21)</sup>. RED는 컴퓨터에 카메라를 부착하여 이용자의 안구를 추적하는 장치로 HED보다 정확도가 높고 분석에 용이하나 고정된 화면만을 바라보아야 하기 때문에 한정된 실험만 가능하다. 이와는 달리 HED는 안경처럼 착용하는 형태로 자유로운 이동이 가능하기 때문에 RED에 비해 활용도가 높으나 상대적으로 정확도가 낮고 분석이 오래 걸린다는 단점이 있다.



[그림 2-7] 아이트래킹 장비\_ HED(좌), RED(우) (출처: tobii사)

19) “How do Tobii Eye Trackers work?”, <https://www.tobii.com> (2017년 9월 2일)

20) 응시지점의 좌표 값은 우선 양쪽 눈의 X, Y 좌표 값을 측정 후 두 지점의 수렴점 혹은 집합점(convergence)를 통해 Z값을 계산한다.

21) 박진호, 김형철(2013), “도로유형별 자동차 운전자의 응시영역 추출 분석 및 활용방안”, 국토연구, 77, pp. 83-101

아이트래킹은 우리가 어디를 보는지, 얼마나 보는지에 대한 정량적인 데이터를 제공함으로써 시각에 대한 이해의 근거로 활용될 수 있다. 그러나 이러한 데이터를 해석하는 것에는 많은 주의가 요구된다. 아이트래킹을 통해 얻게 된 데이터는 단순히 안구위치를 측정한 것으로 우리가 이 지점에 대해 실제로 주의를 기울였다고 해석하기는 적합하지 않다. 우리의 눈은 일시적으로 무작위의 위치에서 잠시 휴식을 취하는 orphan fixation이 일어나기도 한다<sup>22)</sup>. 이 경우 우리는 이 지점을 응시하였지만 주의를 하였다고 해석할 수 없다. 따라서 아이트래커를 통해 획득한 안구의 위치는 그 지점에 주의를 기울였다고 보다 주의를 기울일 가능성이 높은 지점이라고 해석하는 것이 일반적이다.

---

22) Schall Andrew and Bergstrom Jennifer(2014), 『Eye Tracking In User Experience Design』, Elsevier

## 4절 선행연구 검토

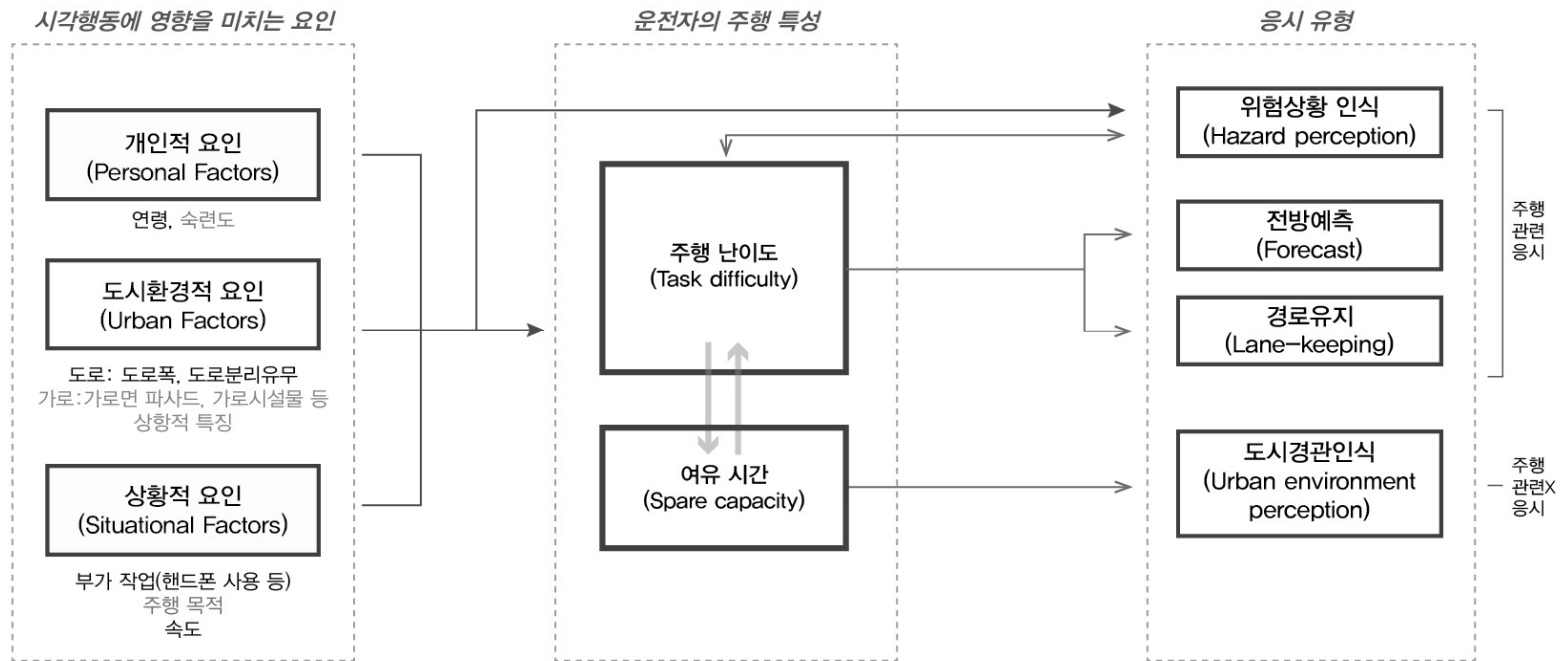
### 1) 자전거 이용자의 응시행동(gaze behavior)에 관한 연구

자전거 이용자의 시각 연구는 2000년대 이후 자전거 사고의 증가에 따른 사고원인을 규명하기 위해 운전자의 응시행동에 주목하면서 시작되었다. 최근 안구의 위치를 직접적으로 측정할 수 있는 기기들이 상용화되면서 정량적으로 안구위치를 측정함을 통해 자전거 이용자의 응시행동을 분석하고 있다.

자전거 이용자들의 시각연구는 주로 자전거 이용자들이 주행 중 위험상황을 어떻게 인지하는지, 전방 및 도로 뿐만 아니라 주변 도시상황을 얼마나 응시하는지 등에 관하여 논의하였다. 또한 이러한 응시 행동들에 SEEV 모델, The two level model of steering 모델, TCI 모델 등 기존의 이론들이 어떻게 적용이 되는지 살펴보았다.

이를 통해 기존 연구에서 자전거 운전자들이 도시 상황을 응시하는 주요 역할 및 특징으로 논의된 것은 위험 상황의 인지, 전방으로의 응시, 자전거 도로 응시를 통한 경로 유지, 주변 도시경관의 인식으로 도출 가능하다. 기존의 연구들은 네 가지 응시 특징 중 일부에 주목하여 이러한 특징이 자전거 이용자의 개인 특성, 도시 환경적 특성, 상황적 특징에 따라 어떻게 달라지는지 연구하였다. 또한 이러한 연구 결과를 기존 이론을 기준으로 주행난이도, 여유시간 등의 개념을 통해 해석하였다. 이러한 자전거 이용자의 시각연구에 대한 흐름은 다음 [그림 2-8]과 같다.

응시 특징 중 전방예측, 경로유지, 도시경관 인식에 관한 연구들은 자전거 이용자들의 시야영역을 전방, 도로, 외부 등으로 구분하여 각 영역에 대한 응시가 연령, 도시적 특징(도로폭, 보행로와의 분리 유무)에 따라 어떻게 달라지는지 살펴보았다.



[그림 2-8] 자전거 이용자의 시각연구 흐름도

기존의 연구들에서는 연령이 낮을수록, 속도가 높을수록, 도로폭이 좁을수록, 도로의 질이 낮을수록, 자전거 도로가 검용일수록 경로유지를 위한 도로로의 응시가 증가하는 것으로 나타났다(Vansteenkiste et al., 2013, 2014, 2016; Mantuano et al., 2016; Zeuwts et al., 2016). 이러한 요인들은 자전거 이용자들의 주행난이도를 증가시켜 도로로의 응시를 증가시키고 전방으로의 응시를 감소시킨다. 즉, 자전거 주행 시 운전자의 작업부하(workload)가 높을수록 경로유지로의 응시가 증가하고 전방예측으로의 응시가 감소하였다.

또한 자동차의 The two level model of steering 모델에서 자동차 운전자는 전방을 주로 응시하고 도로로의 응시가 낮은 반면 자전거 시각연구에서는 도로로의 응시가 전방<sup>23)</sup>과 비슷하게 도출되었다. 이는 자동차에 비해 속도가 낮은 자전거의 경우 주변시를 통해 도로를 응시하면서 전방예측이 함께 이루어질 수 있기 때문이다(Land and Horwood, 1995).

전방예측과 경로유지를 중심으로 논의된 위의 연구와 달리 Ahlstrom et al.(2016)의 연구에서는 다양한 주행 난이도에 따라 주행과 관련 없는 응시(도시경관 인식)가 어떻게 달라지는지 고찰하였다. 이 연구에 따르면 핸드폰 사용 등에 따른 운전자의 작업부하가 높아질수록 주행난이도는 증가하고 여유시간은 감소하여 도시경관으로의 응시가 감소하였다. 즉, 전방과 도로와 달리 주행과 직접적인 관련이 없는 도시경관으로의 시각응시는 자전거 이용자의 주관적인 여유시간(spare time)에 따라 결정되는 것으로 나타났다.

이와 함께 자전거 운전자의 위험 인지에 대한 연구들은 가상 시뮬레이션 실험을 통해 특정 위험 상황에 대한 최초 응시시간을 측정하여 반응시간(reaction time)을 분석하였다. Vansteenkiste et al.(2016)에 따르면 연령이 낮을수록 위험상황으로의 반응이 더 느린 것으로 나타났다. 그러나 도시적 특징과

---

23) Vansteenkiste et al.(2013)의 연구에 따르면 전방과 도로로의 응시율은 각각 40% 정도로 도출되었다.



같은 다른 요인에 의한 위험 인지의 차이는 아직 논의되지 않았다.

[표 2-1] 자전거 이용자의 시각연구

시각특징의 구분				논문	연구 내용
전 방	경 로	위험 상황	도 시 경 관		
■	■			Vansteenkiste et al.(2013)	자동차 시각 주행 이론(The two level of steering)이 자전거의 경우에 적용되는지, 주행 속도 및 도로 폭에 따른 시각의 차이
■	■			Vansteenkiste et al.(2014)	도로 질에 따른 주행 속도, 영역 별 응시의 차이
■	■			Vansteenkiste et al.(2015)	어린이(7-8세)를 대상으로 도로 폭에 따른 속도와 응시 영역별 차이
■	■		■	Ahlstrom et al.(2016)	주행 중 다른 주의분산 행동(음악감상, 전화, 문자, 인터넷)에 따른 응시행동 차이 고찰
■	■			Mantuano et al.(2016)	도로특성(보행자와 자전거 이용자의 물리적 분리 유무)에 따른 주요 응시 영역의 차이
		■		Frings et al.(2014)	도로 곡선부에서 위험인지 고찰
		■		Vansteenkiste et al.(2016)	연령에 따른 위험 상황의 최초 발견시간의 차이
		■		Zeuwts et al.(2016)	연령에 따른 위험 상황의 최초 발견시간의 차이

## 2) 운전자의 응시 행동에 영향을 미치는 도시적 요인에 관한 연구

운전자의 시각적 행동(gaze behavior)에 영향을 미치는 도시 환경적 요인에 관한 연구는 1980년대 이후 주로 자동차 분야에서 시작되었다. 이는 차전거와 마찬가지로 자동차 사고원인을 밝히고 이에 대한 해결책을 제시하기 위한 목적으로 수행되었다. 기존 연구들은 도시 환경에서 운전자의 시각이 어디에 집중이 되고 분산이 되는지와 관련된 시각적 행동이 도시환경의 어떠한 요소 및 특징에 의해 유발되고 조절되는지에 대해 고찰하였다.

기존 연구들이 운전자의 응시행동의 차이를 유발할 것으로 주목한 도시환경의 요인은 크게 다음의 두 가지로 구분 가능하다. [표 2-2]

[표 2-2] 응시행동에 영향을 미치는 도시적 요인

도시환경의 요인	측정의 기준	논문
시각적 복잡성 (visual clutter)	도로변 토지이용 (roadside land use)	Hughes and Cole(1986), Young et al.(2009), 박진호, 김형철(2013)
	도로 복잡성 (Road complexity)	Horberry et al. (2006), Perez and Bertola(2011), Rudin-Brown et al.(2014)
	광고물의 유무, 형태, 설치 높이 (presence of advert)	Young et al.(2009), Bendak et al.(2010), Perez 외 1인(2011), Edquist et al.(2011), Crundall et al.(2006), Dukic et al.(2012)
도로 단면 구성 (road)	도로 폭, 보행자와의 분리 유무, 차선 수	Vansteenkiste et al.(2013), Mantuano et al.(2016), Vansteenkiste et al.(2014), 박진호, 김형철(2013)

## ■ 시각적 복잡성(visual clutter)

첫 번째 도시 환경적 요인은 시각적 복잡성(visual clutter)이다. Edquist and Johnston(2008)에 따르면 시각적 복잡성은 다음과 같이 크게 세 가지 요소에 의해 정의된다. 첫 번째, 상황적 복잡성(situational clutter)이란 자동차, 보행자 등과 같이 이동하는 요소에 의한 복잡성이다. 이는 그 도로환경이 얼마나 혼잡한지를 나타내는 것과도 같다. 두 번째, 디자인적 복잡성(Designed clutter)이란 운전자에게 정보를 제공하기 위한 교통 사인, 도로 표시 등이다. 세 번째는 설계적 복잡성(Built clutter)으로서 위 두 가지 요소를 제외한 도로변 건물, 광고물, 가로시설물 등을 포함한다. 이러한 시각적 복잡성은 시각적으로 처리해야 할 정보의 양과 주행난이도를 증가시킨다. 현재까지 진행된 시각적 복잡성을 연구한 기존 문헌들은 위 세 가지 요소 중 설계적 복잡성을 중심으로 응시 차이를 고찰하였다.

Hughes and Cole(1986), Young et al.(2009)의 연구에서는 토지이용의 차이에 따라 시각적 복잡성을 구분하였다. 토지이용을 상업, 주거 혹은 도시지역, 농촌지역, 고속도로로 구분하여 이에 따른 응시 비율을 도출하였다. 이 연구에 따르면 상업지역과 같이 시각적으로 복잡한 환경일수록 주행에 관련된 응시가 더 높았다.

마찬가지로 Perez and Bertola(2011), Brown et al.(2014)의 연구에서는 도로에 차량이 얼마나 주차되어 있는지, 도로변 건물이 얼마나 많은지 등을 통해 시각적 복잡성의 높고 낮음을 상대적으로 구분하였다. 그러나 Perez and Bertola(2011)의 연구에서는 위 연구들과는 달리 시각적으로 복잡할수록 도로 측면으로의 응시비율이 높아지고 전방으로의 응시가 약간 감소하였다.

하지만 기존 연구들에서는 모두 공통적으로 시각적 복잡성이 낮은 도로환경일수록 광고와 같은 시각을 유도하는 시설로의 응시가 모두 증가하였다. 이는

단조로운 환경일수록 처리해야할 시각 정보가 적고 광고물이 상대적으로 더 눈에 띄기 때문이다.

이와 함께 시각적 복잡성을 야기할 요소로 광고물이 주로 논의되어 왔다. 광고물은 도시환경의 요소 중 가장 손쉽게 규제가능하고 가장 주의를 많이 끌 것이라 예상되는 요소로서 기존의 많은 연구에서 논의되었다. Bendak and Al-Saleh(2010)에 따르면 160명이 실험참여자 중 절반이 적어도 한번 이상은 도로변 광고에 시각이 집중되었고 그들 중 22%가 위험상황을 겪었다. 또한 Crundall et al.(2006)의 연구에 따르면 이러한 광고물은 지면에서 3m 위에 설치된 것보다 지면에 설치되었을 때 더 주의를 끄는 것으로 나타났다.

이렇게 광고물은 도시환경 내에서 운전자의 시선을 유도하여 응시행동의 차이를 일으킨다고 알려져 있지만 Hughes and Cole(1986)의 연구에서는 다른 결과가 도출되었다. 이 연구에서는 광고물의 유무에 따른 응시비율을 비교하였을 때 광고물이 없는 환경에서 주행과 관련된 응시가 효과적으로 증가하지는 않았다. 이는 광고와 같은 주의를 유도하는 요소의 규제가 반드시 주행과 관련된 응시로 전환되는 것이 아니란 것을 보여준다. 또한 실제로 시각분산에 영향을 미치는 원인은 광고물과 같이 시각을 유도하는 요소의 존재보다 다른 도시특징의 영향이 더 크다는 것을 암시한다.

## ■ 도로단면구성

두 번째로 도로 단면 구성과 관련된 요인이란 차선 수, 도로의 폭, 도로의 질과 같은 특징을 말한다.

박진호, 김형철(2013)의 연구에 의하면 차선 수가 많아질수록 주변 건물과의 거리가 멀어져 전방으로의 응시가 증가하였다. 또한 Mantuano et al.(2016)의 연구에 따르면 보도와 자전거 도로 간의 물리적 혹은 시각적 분리가 되어 있는 환경에서 그렇지 않은 환경보다 전방으로의 응시가 증가하였다.

이와 마찬가지로 Vansteenkiste et al.(2014)의 연구에서는 도로의 질이 낮아질수록 먼 지점(전방)으로의 응시가 가까운 지점(도로)으로의 응시로 대체되었다. 이는 안전한 주행 경로가 보장되지 않는 경우 주행 난이도가 높아지게 되고 앞서 설명한 ‘gaze constraint 주행이론’에 따라 운전 조작을 위한 인접한 도로로의 응시가 증가하게 되는 것으로 해석할 수 있다.

### 3) 선행연구와의 차별성

대부분의 기존 선행연구들은 다양한 요인들이 응시행동에 어떤 영향을 미치는지에 대해 논의하였고 이를 운전자의 작업부하, 주행난이도, 여유시간과 관련하여 해석하였다. 또한 자전거 운전자가 도시환경을 어떻게 시각적으로 받아들이는지에 대해 객관적으로 고찰하였고 어떠한 도시적 특징이 운전자의 응시행동에 영향을 미치는지 밝혔다는 점에서 의의가 있다. 그러나 이러한 연구들은 다음의 세 가지 한계를 지닌다.

첫 번째, 기존의 자전거 시각연구들은 전방예측, 경로유지, 위험인지, 도시경관 인식과 같은 다양한 시각적 특징이 주행 중 종합적으로 발생함에도 불구하고 일부 특징만을 중심으로 고찰하였다. 각 시각특징들이 서로 어떤 상호작용을 하는지 어떤 빈도로 발생하는지 논의되지 못하였으며 따라서 실제 자전거 주행 시의 응시행동을 예측하는데 한계가 존재한다.

이는 실험연구의 방법론적인 한계에서 기인한다. 다수의 연구들은 실험자의 안전, 실험의 용이성 등을 위해 실내 주행실험을 진행하였다. Vansteenkiste et al.(2013)의 연구에서 진행된 실험실 내의 주행실험<sup>24)</sup>의 경우 전방예측과 경로유지의 응시행동에 대해서 관찰이 가능하나 주변 도시상황으로의 응시에 대한 시각특징은 분석하기에 적절하지 않다. 또한 Zeuwts et al.(2016) 연구에서 진행된 실험과 같이 직접적인 자전거 주행 없이 주행영상 모니터를 바라보며 실험이 진행된 경우 도시환경의 위험상황으로의 반응시간은 측정할 수 있으나 전방예측, 경로 유지 등과 같은 응시행동은 관찰하는데 한계가 존재 하였다. 이와 달리 Mantuano et al.(2016)연구와 같이 실제 현장 주행실험이 진행되었더라도 일부 한정된 구간과 실험시간<sup>25)</sup>으로 인해 다양한 도시적 상황을 충분

24) Vansteenkiste et al.(2013)에서 진행된 실내 주행실험의 경우 체육관 내에 자전거 도로 경계선을 다양한 도로 폭으로 그려놓고 그 안에서 자전거 주행을 이루어졌다.

25) Mantuano et al.(2016) 연구에서는 실험 구간을 2개로 나눠서 분석하였고 각 구간의 길이는 각각 200m, 400m이었다. 또한 각 구간에 대한 평균 응시시간은 48.8초, 79.37초 였다.

히 고려하지는 못하였다.

두 번째, 대부분의 연구들은 응시데이터가 시간의 흐름에 따라 다양한 환경적 상황에 시시각각 반응하면서 변화하는 데이터임에도 불구하고 응시행동을 정량적으로 분석하는 것에 그쳤다. 예측할 수 없는 다양한 상황이 빈번하게 발생하는 도시상황에서 다양한 상황에 따른 응시행동의 변화와 흐름에 대한 논의가 부족하였다.

세 번째, 도시적 특징이 자전거 이용자의 응시행동에 어떤 영향을 미치는지에 대한 논의가 부족하다. 도시적 특징이 운전자의 응시행동에 미치는 영향에 대한 대부분의 연구는 일부를 제외하고 아직까지 자동차에 집중되어 있다. 자동차와 자전거 운전자는 같은 도로환경을 공유하지만 속도, 주행 방식, 외부환경과의 상호작용 차이 등으로 인해 같은 도시적 특징에 따른 다른 응시 행동이 야기될 가능성이 높다. 따라서 자동차 운전자의 시각 연구에서 도출한 도시환경 변수와 결과를 자전거 이용자들에게 적용하기에는 한계가 있다.

이에 본 연구는 다음과 같은 차별성을 지닌다.

첫째, 현장 주행 실험을 통해 자전거 이용자의 4가지 시각특징들이 주행 중 서로 어떤 상호작용을 하면서 발생하는지 분석한다. 이를 통해 자전거 이용자의 총체적인 응시행동을 파악하고 예측할 수 있다.

둘째, 주행영상과 응시 변화과정의 분석을 통해 일반적인 주행 상황 외에도 갑작스러운 보행자 및 자동차의 등장, 차량 진출입구로의 접근, 전방의 주정차 등과 같은 특정 도시적 상황 속에서 자전거 이용자의 응시행동이 어떻게 달라지는지 고찰하고자 한다.

마지막으로, 기존에 자동차 시각연구에서 논의되었던 도시적 특징들이 자전거 응시행동에는 어떠한 영향을 주는지 파악하고 도시적 특징이 자전거 이용자의 응시행동에 미치는 영향을 고찰하고자 한다.

## 제3장 연구의 방법

### 1절 측정 및 분석의 기준

#### 1) 응시행동에 영향을 미치는 도시적 특징의 기준

본 연구에서는 자전거 운전자의 응시행동에 영향을 미치는 도시적 특징으로 다음 세 가지에 주목하였다. 규칙적인 요소로서 자전거 도로의 형태와 가로환경의 복잡성, 유동적 요소로서 혼잡도와 같은 상황적 특징을 응시행동에 영향을 미치는 도시적 특징의 기준으로 정하였다.

##### ■ 자전거 도로의 형태

자전거 도로의 형태는 여러 선행연구(Vansteenkiste et al., 2013; Mantuano et al., 2016)에서 자전거 이용자의 시각에 가장 영향을 미치는 것으로 논의되던 도시환경 요소 중 하나이다. 특히 자전거 도로의 폭, 도로 및 보행로와의 분리 유무, 포장의 질, 배치 특성은 자전거 이용자들의 주행난이도 및 정신적 부하(mental workload)와 관련된다. 도로의 폭이 좁을수록, 보행로와 분리가 되어있지 않을수록 주행 난이도 및 정신적 부하가 증가하여 전방 및 도로로의 응시가 증가하였다.

자전거 도로는 차도에 인접하여 배치되는 독립적인 형태가 가장 이상적으로 여겨지나 실제 도시상황에서 모든 도로에 이러한 자전거 도로를 설치하는 것은 현실적으로 불가능하다. 이에 현실적인 적용방안으로 도로상황에 맞춰 각기 다른 형태의 자전거 도로가 설치되고 있다. 자전거 도로가 설치되는 가로변에 주정차를 유도하는 시설이 많은 경우 자전거 도로는 보도에 인접하여 설치된다. 또한 차도에 인접한 전용도로를 설치하기 힘들고 보도 폭이 넓은 경우 겸용도로를 설치한다. 이는 실제로 국내에 설치된 전체 자전거 도로의 절



반이상을 차지한다<sup>26)</sup>. 그러나 아직까지 이러한 자전거 도로의 유형 차이가 자전거 이용자로 하여금 어떠한 영향을 주는지 논의되지 못하고 있다. 따라서 자전거 도로 형태 차이에 따른 응시행동의 변화를 도출하는 것은 향후 자전거 도로를 설치할 때 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 자전거 도로의 형태에 가장 큰 차이를 야기하는 자전거 도로의 배치 특성(차도와의 인접 여부)과 차로 및 보행로와의 물리적 분리 유무를 중심으로 응시행동의 차이를 분석하고자 한다.

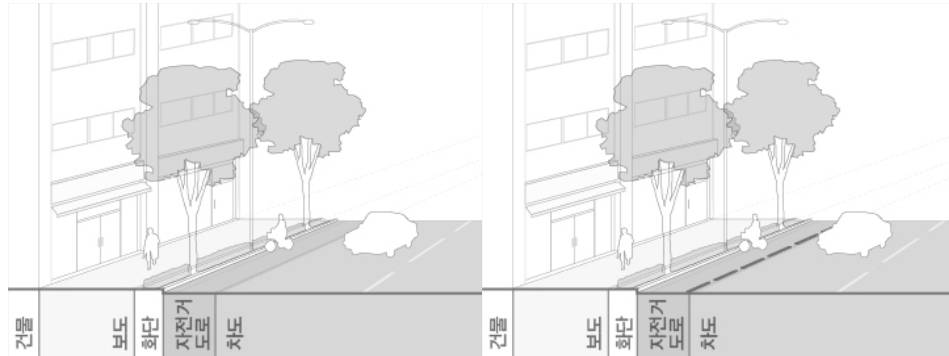
연구 대상지인 송파구의 경우 다양한 유형<sup>27)</sup>의 자전거 도로가 대부분 대로변과 보도 폭이 넓은 가로를 중심으로 배치되어 있다. 송파구의 자전거 도로는 차도와의 인접 여부, 물리적으로 차도 및 보행로와 분리되어 있는지에 따라 총 4가지 유형의 자전거 도로가 혼재되어 있다. [그림 3-1]에서 볼 수 있듯이 차도에 인접하여 배치되어 있는 자전거 도로의 경우 경계석을 통해 도로와 분리되어 있다. 이와 달리 보도변의 자전거 도로의 경우 화단을 통해 보도와 물리적으로 분리가 되어있다.[그림 3-2]

송파구의 자전거 도로 폭의 경우 대체적으로 1.5 ~ 2m 정도로 통일되어 있다.

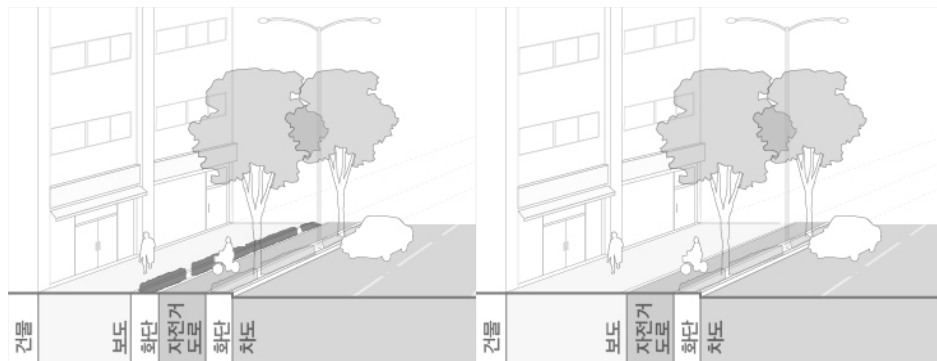
---

26) 행정자치부(2014)에 따르면 겸용도로는 2014년 10월 기준으로 전체 자전거 도로 중에 78.4%를 차지한다.

27) 자전거 도로는 자전거 전용도로, 자전거 겸용도로, 자전거 전용차로로 구분되어 있다.



[그림 3-1] 차도변 자전거 도로배치; 분리O(좌), 분리X(우)



[그림 3-2] 보도변 자전거 도로배치; 분리O(좌), 분리X(우)

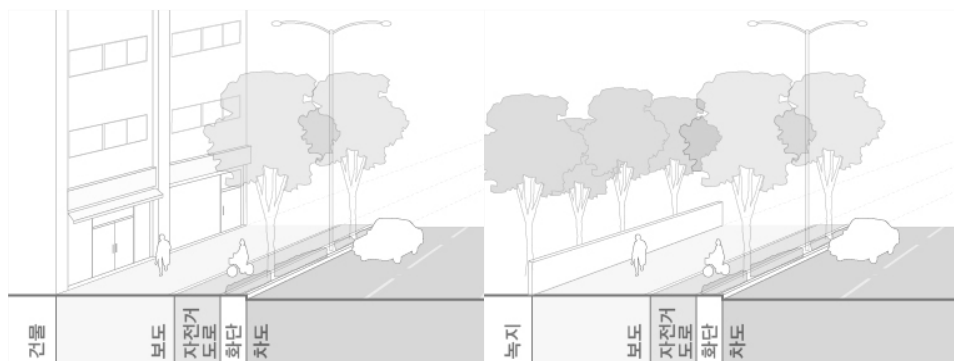
기존의 선행연구에 따르면 도로 및 보행로와 분리가 되어있지 않을수록 주행 난이도가 증가하여 전방 및 도로로의 응시가 증가한다고 밝혀졌다. 또한 자전거 도로의 배치에 따라 차도와 공유하는지 보도와 공유하는지 구분이 된다. 이 경우 자동차가 보행자 보다 일반적으로 자전거 이용자들에게 더 큰 위협으로 인식되므로 차도쪽에 인접하여 배치될수록 주행난이도가 증가할 것으로 예상된다. 따라서 자전거 도로가 차도쪽으로 배치될수록, 분리가 되어 있지 않을수록 전방 및 도로로의 응시가 증가하고 주행과 관련 없는 시각정보로의 응시가 감소할 것으로 예상된다.

## ■ 가로환경의 복잡성

기존 자동차 시각연구에서는 가로변 토지이용이 가로의 시각적 혼잡도(visual clutter)에 영향을 미치며 이것이 응시행동에 미치는 영향에 대해 논의되었다(Hughes and Cole, 1986; Young et al., 2009; 박진호·김형철, 2013). 자전거 운전자의 경우 자동차 운전자가 자동차라는 내부공간 속에서 주행하는 것과 외부환경에서 주행이 이루어진다. 때문에 자동차 운전자보다 외부환경에 더 민감하고 외부환경의 변화에 따른 더 큰 응시행동의 변화가 예상된다.

송파구 자전거 도로의 경우 가로변 토지이용은 크게 녹지와 상업 건물로 구분 가능하다. 자전거 도로는 대부분 대로변에 위치해있고 이러한 대로변에는 대부분 상업건물이 배치되어 있다. 혹은 업무시설인 경우라도 1층에는 대부분 상업이 입점 되어 있다. 또한 실질적인 토지이용이 주거(아파트) 혹은 공공기관인 경우라도 도로변과 건물 사이에 담벼락 혹은 녹지대로 공간을 분리하기 때문에 자전거 도로에서 보이는 시야는 녹지로 구분된다.

이러한 가로변 특성의 차이는 상업건물일수록 건물의 쇼윈도, 간판, 가로변 홍보물 등의 다양한 시각정보로 인해 녹지에 비해 절대적인 시각적 정보의 차이를 야기한다. 이는 곧 응시행동의 차이를 야기할 것이며 상업건물일수록 더 많은 시각 주의를 끌 것으로 예상된다.



[그림 3-3] 가로변 토지이용; 상업건물(좌), 녹지(우)

## ■ 상황적 특징



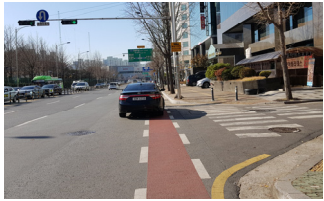



자전거 운전자의 시각변화를 야기하는 도시적 특징으로 자전거 도로형태와 가로변 토지이용과 같이 물리적으로 고정된 것 외에도 불규칙적으로 발생하는 유동적인 상황이 있다. 자전거 도로와 차도의 상충구간에서 갑작스러운 차량의 등장, 자전거 도로 내 주정차, 버스 승하차 등 언제 발생할지 모르는 다양한 도시적 상황이 발생한다. 이러한 특정 상황의 경우 일시적으로 혼잡을 야기하고 일반적인 주행상황과는 달리 일시적으로 큰 시각변화가 야기될 것으로 예상된다. 이러한 상황에는 자동차 진출입구, 횡단보도와 같은 물리적 요소와 전방의 다른 자전거 이용자, 주정차 등과 같은 비물리적 요소가 있다. [표 3-1]

물리적 요소의 경우 주로 다른 자동차 및 이륜차와 충돌의 위험이 있는 직각의 상충구간이다. 일반적으로 교차로로 인식되는 신호교차로와는 달리 자전거 도로에 접한 T자형의 비신호 교차로와 공공건물의 출입구, 가로변 건물로의 진출입구 등은 신호교차로에 비해 운전자로 하여금 좀 더 많은 집중을 요구한다. 이러한 지점에서 상충구간의 인식이 원활하지 않을 경우 사고 발생이 증가하게 된다. 실제로 이러한 구간에서의 직각충돌사고는 전체 자전거 사고의 70% 이상을 차지할 정도로 빈번하다<sup>28)</sup>. 따라서 상충구간은 쉽게 예상되는 사고위험지점으로서 자전거 이용자들로 하여금 큰 시각변화를 야기할 것으로 예상된다.

이와 달리 비물리적 요소는 전방으로의 주행을 방해하는 요소로서 자전거 도로 변 혹은 도로 내의 주정차, 다른 운전자 등을 포함한다. 전방의 다른 도로 운전자는 자전거 이용자들로 하여금 전방상황의 원활한 인식을 방해하고 더 많은 집중을 요구한다. 본 연구에서는 불규칙적인 상황을 판단함에 있어 다른 도로 운전자가 자전거 주행에 직접적으로 영향을 미치는 경우만 고려하였다.

28) 정경옥, 이재용(2015), “자전거 교통사고 급증 원인 분석과 대책”, 한국교통연구원

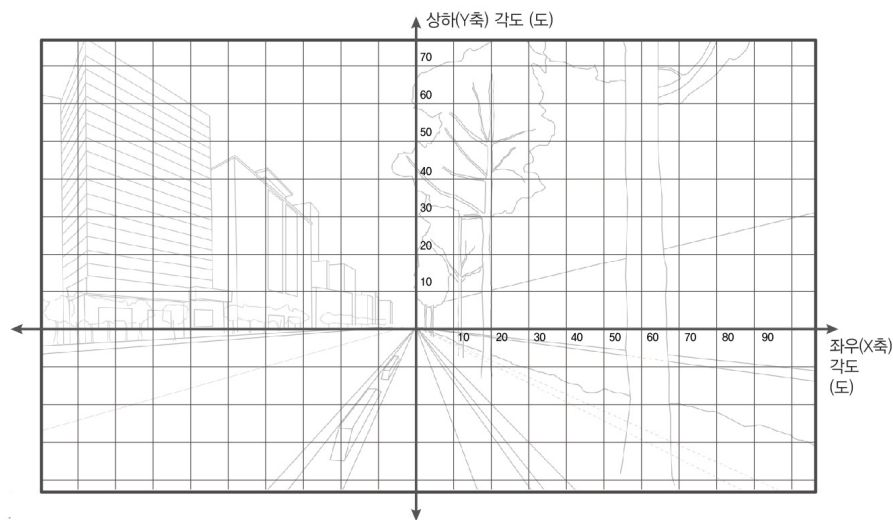
[표 3-1] 상황적 특징의 예시

상황 구분		설명	예시 사진
일반적인 상황		일반적인 단일로의 주행 (혼잡도가 낮을 때)	
불규칙적 상황	비 물리적 요소 (도로 이용자)	자전거 도로 변 택시 및 버스의 주정차 (시야, 주행경로를 막지 않음)	
		자전거 도로 내의 주정차 (시야를 막음)	
		자전거 경로 내의 자전거 이용자 및 보행자 (시야, 주행경로를 막음)	
	물리적 요소 (상층 구간)	비 신호 T자 교차로	
		건물 주차장, 공공서 입구(차량 진출입구)	

## 2) 응시 데이터의 측정 및 분석 기준

본 연구에서는 자전거 이용자들이 주행 중 도시환경을 어떻게 응시하는지를 측정하기 위해 실험을 통해 획득한 다음의 데이터를 측정 및 분석하고자 한다.

### ■ 그리드 분석(Grid analysis)



[그림 3-4] 그리드 분석의 기준

본 연구에서는 자전거 이용자들의 평균 응시 범위 및 응시율(빈도)을 분석하기 위해 그리드 분석(Grid analysis)을 진행하였다. 그리드 분석이란 시야 범위를 그리드 단위로 구분하여 분석하는 것이다.

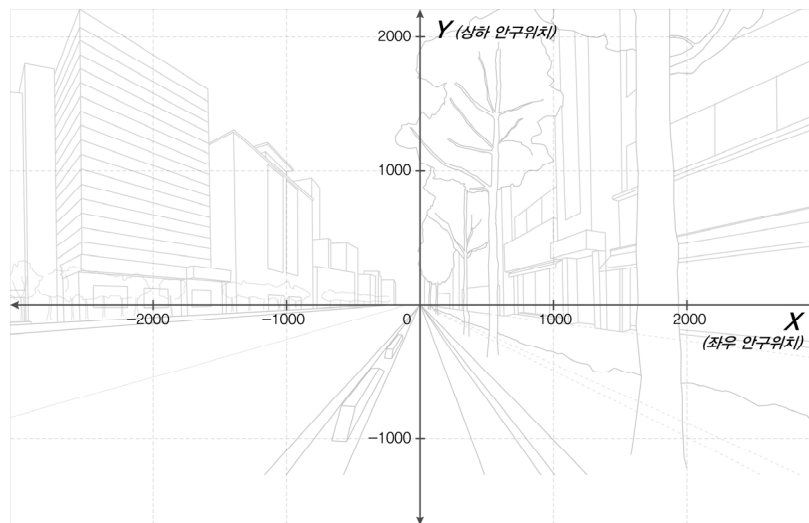
본 연구에서는 그리드 분석 시 시야범위를 다음과 같이 정의하였다. 머리가 고정되었을 때 아이트래커를 통해 측정 가능한 시야범위(좌우 164°, 상하 104°)에서 좌우 고개 움직임을 고려하여 좀 더 확장된 시야범위(좌우 210°, 상하 120°)를 분석에 이용하였다.

이 시야 범위 내에서 10° 단위인 20X11 격자로 구분하였으며 좌표 값의 기준은 전방(소실점)을 중심으로 하였다.

실험참여자마다 전체 응시시간에서 각 격자 내에 위치한 안구고정(fixation)의 응시시간의 비율(%)을 측정하였다. 총 실험참여자 40명의 평균을 최종 값으로 이용하였다.

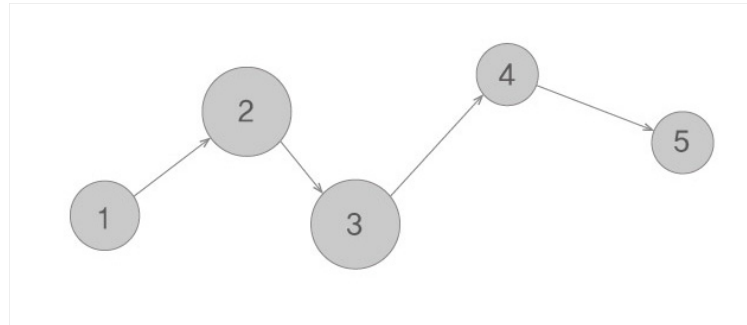
#### ■ X, Y 값 (응시위치)의 변화과정 및 응시 경로 맵(Scan path)

주행 중 안구위치는 0.02초에 한번씩 X, Y 좌표로 측정된다. 전체 분석구간 내에서 주행 시 안구위치 값(X, Y 좌표)의 변화과정을 통해 전반적인 응시패턴을 파악하고 특정 상황에서의 응시 변화를 도출하고자 한다. 이는 불규칙적인 상황의 경우 주행 상황마다 발생률이 다르며 정량적으로 측정하기에 한계가 있기 때문에 정성적으로 각 특정상황에 따른 응시변화를 도출하고자 한다.



[그림 3-5] 안구위치 좌표 값의 기준(X, Y좌표)

응시 위치의 좌표 값의 기준은 위의 [그림 3-5]와 같다. 응시 위치의 좌표 값은 pixel값으로 측정된다. 전방을 기준(0,0)으로 좌표 값이 측정되었으며 X 좌표 값의 범위는 약 -3000~+3000이며 Y값의 경우 -1625~+2015이다.



[그림 3-6] 응시 경로 맵(scan path) 예시

또한 이와 함께 특정 구간에서 자전거 이용자의 응시 경로를 표시한 응시 경로 맵(Scan path)을 함께 분석하고자 한다. 응시 경로 맵이란 응시의 순서를 표시해주는 맵으로 응시의 변화과정을 이해할 수 있다. 이를 통해 자전거 이용자들이 특정 도시환경요소를 응시할 때 어떤 방식으로 응시가 변화하는 지를 파악하고자 한다.

응시 좌표의 변화과정 및 응시 경로 맵(scan path)은 평균값을 통해 분석하기에 어려움이 있어 실험참여자 중 가장 평균과 비슷한 대표케이스를 선정하여 나타내고자 한다.



## ■ 도시환경 요소 별 응시율(%) 및 주행 관련 응시(%)의 측정

자전거 이용자들이 도시환경을 인식할 때 어떤 도시환경 요소를 중요시하는지를 파악하기 각 도시환경요소로의 응시율(%)을 측정하고자 한다. 이에 도시환경을 전방, 도로, 건물, 식재, 가로시설물, 보행자 및 자동차 6가지로 구분하였다. 도로의 경우 자전거도로, 차도, 보행로를 모두 포함하는 개념이다. 이 경우 도시환경요소에 포함이 되지 않는 불규칙적 상황에서의 응시는 분석에서 제외하였다.

아이트래커를 이용하여 특정 영역으로의 응시율을 측정한 기존의 연구(논문)들은 특정 지점으로의 안구고정의 수(the number of fixation) 혹은 안구고정 응시 시간(fixation duration)을 시각 응시를 나타내는 주요 지표로 이용하였다. 그러나 안구고정의 횟수는 같은 지점을 보더라도 미세하게 응시 위치가 변할 경우 여러 개의 안구고정으로 측정된다. 이 경우 한 지점으로의 시각집중이 과도하게 측정될 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 특정 영역으로 응시 시간을 기준으로 응시율을 측정하였다.

다음의 응시 데이터는 향후 분석에서 전방예측, 경로유지, 도시경관 인식, 위험 인식과 같은 4가지 응시 유형의 척도로 이용될 것이다. 전방예측의 경우 전방으로의 응시가 얼마나 되는지를 통해, 경로유지의 경우 자전거 도로를 얼마나 응시하는지를 통해 파악할 수 있다. 이와 함께 주행과 직접적인 관련이 없는 건물, 식재 등으로의 응시는 주변 도시경관을 인식하는 기준으로 활용되며 특별 위험상황으로의 응시는 위험인식의 척도로 활용된다.

또한 이와 함께 자전거 이용자들이 주행 중 주행과 관련 없는 응시가 얼마나 발생하는지 측정하였다. 이러한 응시는 시각적 주의분산(visual distraction)이 발생하였다고도 해석 할 수 있다. 본 연구에서는 전방(진행방향), 자전거

도로, 진행방향에서 시각이 차단된 지점, 위험예상지점 등을 제외한 지점으로의 응시를 주행과 관련 없는 응시로 정의한다.

이러한 응시와 주행과의 관련성을 판단함에 있어 시시각각 변하는 도로상황에 따라 주행과 관련된 응시의 유형은 변한다. 예를 들면 보행로와 자전거 도로가 물리적으로 분리된 경우 보도위의 보행자로의 응시는 주행과 직접적인 관련이 없기 때문에 주행과 관련이 없는 응시라고 해석할 수 있다. 그러나 보행로와 자전거 도로가 물리적으로 분리가 되어 있지 않은 경우 보행로의 보행자로의 응시는 안전한 주행을 위한 필수적인 응시라고 볼 수 있다. 따라서 주행과 관련된 응시 요소를 파악할 때 각 상황에 맞게 해석하였다.

실험을 통해 측정된 요소 별 응시율과 주행 관련 응시율은 도시별 특징에 따라 어떤 차이가 있는지 분석하였다. SPSS를 이용하여 도시 특징 별 각 평균 차이를 독립 표본 T 검정을 통해 통계적 유의성을 검증하였다.

## 2절 현장실험

### 1) 실험개요

본 연구에서는 도시환경에 대한 자전거 이용자의 응시행동을 관찰하기 위해 아이트래킹을 이용한 시선추적 실험 연구를 진행하였다.

본 연구에서 사용한 실험장비는 Tobii사의 HED(Head Mount Eye Tracking Device)로 안경형태로 착용 가능한 장비이다. 이는 이동하면서 안구 위치를 측정할 수 있기 때문에 본 실험에 적합하다. 또한 전방에 부착된 카메라를 통해 머리 움직임을 고려한 시야변화를 즉각적으로 파악하는 것이 가능하며 수평으로 164°, 수직으로 104°까지의 시야범위 및 안구위치를 측정할 수 있다<sup>29)</sup>. 연구에서 사용한 실험장비의 샘플링 레이트(sampling rate)<sup>30)</sup>는 0.02초이다.

실험에서 사용한 자전거의 경우 서울시 공공자전거 ‘따릉이’를 이용하였다. 자전거의 성능에 따른 주행 난이도 차이를 배제하기 위해 개인자전거 이용을 자제하고 통일된 자전거를 이용하였다.

실험은 총 2차에 걸쳐 진행하였다. 1차 실험의 경우 2017년 8월 1일에서 15일 총 2주간, 2차 실험의 경우 2017년 9월 19일에서 25일까지 총 1주간 진행하였다. 안전을 위해 비가 오지 않는 날, 일몰시간 전까지 실험을 진행하였다. 실험 시간은 오전 9시에서 10시 또는 오후 3시에서 6시사이로 햇빛이 강한 시간 및 출퇴근 시간을 피하여 선정하였다. 이는 시선 추적 시 햇빛에 의해 측정오류가 발생할 가능성이 높기 때문에 이를 방지하기 위함이다. 또한 유동인

---

29) 이는 실제 시야 범위가 수평으로 180°, 수직으로 128°이고 시야 외곽의 해상도가 극도로 낮은 것을 고려했을 때 측정된 시야와 실제 시야 간에 큰 차이가 없다

30) 샘플링 레이트(sampling rate)란 몇 초에 한 번씩 안구위치를 측정하는지 나타내는 개념이다. 또한 이는 샘플링 레이트만큼 안구위치의 오차를 나타낸다. 샘플링 레이트가 클수록 안구위치의 오차가 커진다.

구가 많은 출퇴근 시간의 경우 혼잡하여 자전거 주행 실험이 원활하지 않다.



[그림 3-7] 실험참여자

실험은 다음 과정과 같이 진행되었다. 피 실험자는 실험구간에 대해 설명을 들은 후 실험장비와 안전장비 및 썬캡<sup>31)</sup>을 착용하였다. 이후 캘리브레이션(Calibration)을 진행하였다. 캘리브레이션이란 개인의 신체적 특성에 맞춰 측정 오류를 보정하는 과정으로 사람마다 다른 눈의 위치나 특성을 시선 추적에 반영한다. 이후 실험구간을 따라 피실험자들은 본인에게 적합한 속도를 유지하며 주행하였다. 실험도중 음악을 감상하거나 전화 및 문자와 같이 주의를 분산시킬 수 있는 행동은 금지하였다.

---

31) 햇빛에 의한 측정 오류를 방지하기 위해 추가적으로 썬캡을 착용하였다. 썬캡 착용으로 인한 자전거 이용자의 전방 제약은 크지 않았다.

## 2) 실험참여자

실험 참여자는 20대의 대학생(대학원생)으로 선정하였다. 10대, 20대 연령대의 경우 30대 이상의 연령대에 비해 이동 혹은 여가수단으로 자전거를 더 활발히 이용한다.<sup>32)</sup> 특히 전국적으로 공공자전거 대여시스템이 활발해지면서 20대의 자전거 이용률이 점점 증가하고 있다. 2016년 서울시 공공자전거 따릉이 이용률에 따르면 전체 연령대에서 20대가 절반이상을 차지하였다.

기존 연령대에 따른 응시행동과 관련된 연구에 따르면 자전거 이용자의 응시행동의 경우 연령에 따라 차이가 발생한다고 알려져 있다(Pieter et al., 2015; Linus et al., 2016). 따라서 본 연구에서는 응시행동에 연령이 주요 변수로 작용하는 것을 배제하기 위해 연령대를 자전거 이용이 활발한 20대로 통일하였다.

실험 참여자는 자전거를 탈 줄 알고 안경을 쓰지 않는 사람을 우선적으로 선정하였고 시력이 좋지 않은 경우 렌즈<sup>33)</sup>를 착용하도록 하였다. 또한 캘리브레이션(calibration)이 되지 않거나 실험장비가 맞지 않는 경우<sup>34)</sup> 실험에서 제외하였다.

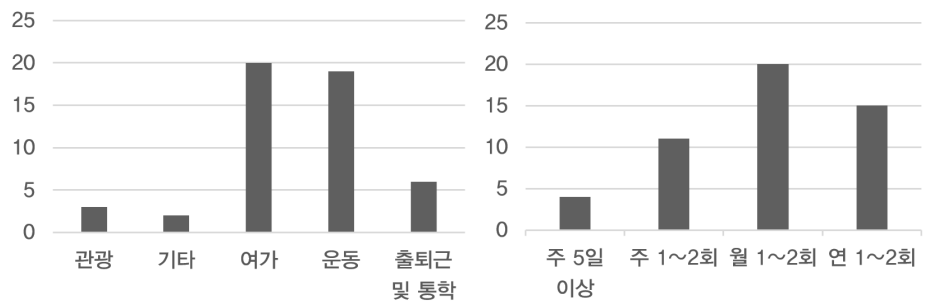
2차에 걸친 실험 기간 동안 총 50명의 실험참여자(남 25명, 여 25명)가 실험에 참여하였다. 실험참여자의 대부분은 자전거를 전문적으로 타는 것이 아닌 여가 및 운동을 목적으로 월 1~2회 혹은 연 1~2회 정도 이용하였다. 또한 실험참여자 중 5명을 제외한 대부분이 자전거 이용에 관한 안전교육을 받지 않았으며 이 중 36명(72%)은 10세 이전에 자전거 이용을 시작하였다.

---

32) 2016년 서울 서베이 통계에 따르면 10대와 20대의 자전거 이용률이 가장 높았다. 이는 30대 이상의 연령대의 경우 개인 자동차를 이동수단으로 많이 이용하기 때문이다.

33) 안경을 착용한 사람도 아이트래킹 실험이 가능하나 보다 높은 정확도와 실험장비의 보호를 위해 안경착용은 금지하였다. 또한 렌즈는 투명렌즈만 허용하였다. 컬러렌즈의 경우 눈동자의 색을 바꾸기 때문에 측정오류가 발생할 가능성이 높다.

34) 얼굴크기가 실험장비에 비해 너무 작은 경우 실험장비가 고정이 되지 않아 실험에서 제외하였다.

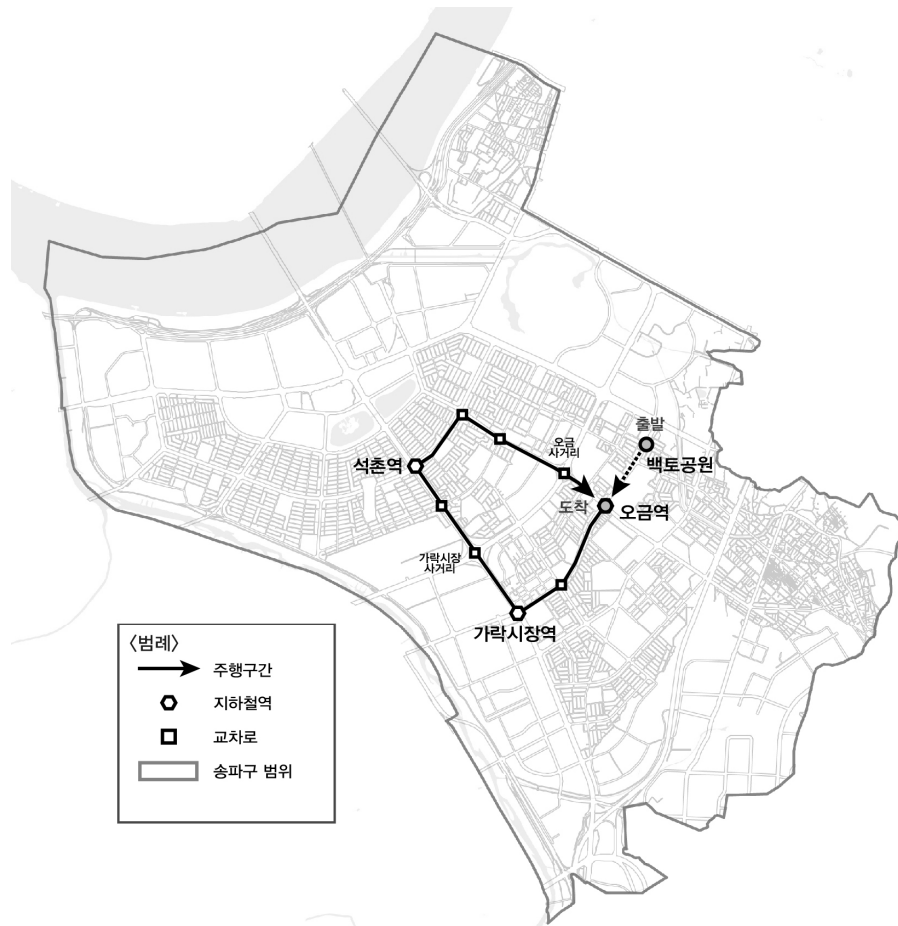


[그림 3-8] 자전거 이용 목적(좌), 자전거 이용 횟수(우)

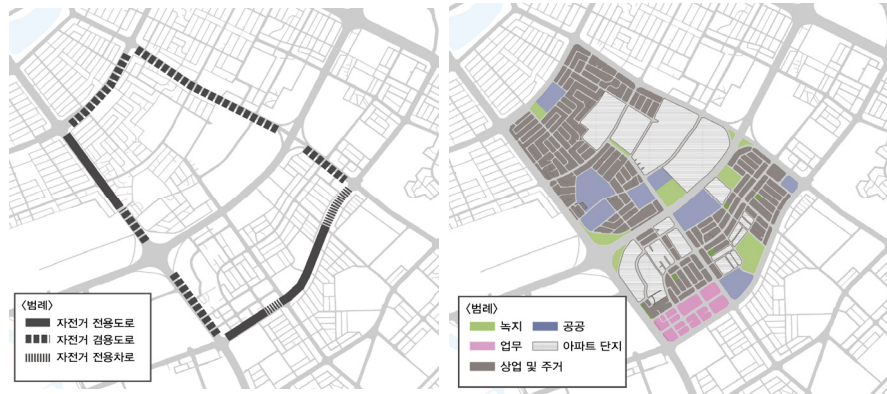
### 3) 실험구간

#### ■ 전체 주행 구간 및 특징

주행구간은 송파구 내의 백토공원에서 시작하여 오금역, 가락시장역, 석촌역을 거쳐 오금역으로 돌아오는 코스로 설정하였다. 실험구간의 길이는 약 6km로 35분 정도 소요된다. 주행구간은 자전거 도로의 유형, 가로변 토지이용 등과 같이 응시행동에 영향을 미칠 것이라 예상되는 여러 도시환경 요인들이 적절히 조합되도록 선정하였다.



[그림 3-9] 주행구간



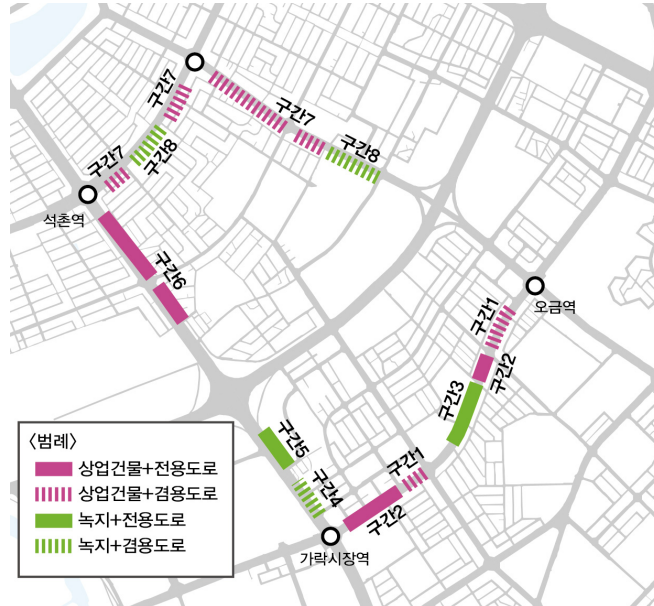
[그림 3-10] 주행구간 내 자전거 도로(좌), 토지이용(우)

주행 구간 중 백토공원에서 오금역까지의 출발지에서 약 300m 정도를 자전거 주행에 적응할 수 있는 준비구간으로 설정하였고 실제 실험은 오금역에서부터 진행하였다.

[그림 3-10]에서와 같이 모든 주행구간에는 자전거 도로가 설치되어 있다. 또한 주행구간의 토지이용은 위의 그림에서 볼 수 있듯이 녹지, 공공, 업무시설, 아파트 단지, 상업 및 주거가 혼재되어 있다.



## ■ 분석구간



[그림 3-11] 분석구간

총 6km의 주행 구간 중 실제 분석에 이용하는 구간은 약 3km로 교차로 및 횡단보도를 제외한 단일로만을 대상으로 하였다. 자전거 주행 시 도시환경은 끊임없이 변화하기 때문에 도로의 물리적 형태차이에 따라 실험구간을 총 8개로 구분하였다. 가로변 토지이용, 자전거 도로의 유형을 중심으로 분리하였다.



[그림 3-12] 혼잡도\_ 낮음(좌), 보통(우)

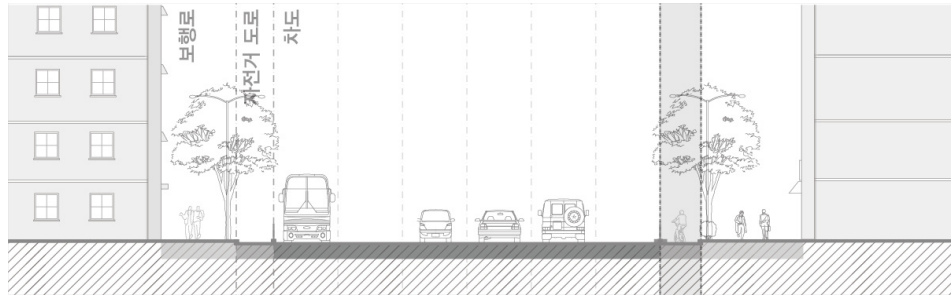
실험을 진행하는 동안의 혼잡도는 구간 4를 제외하고 대체적으로 낮은 편이었다. 혼잡도의 정도는 [그림 3-11]을 통해 확인할 수 있다.

[표 3-2] 분석구간 별 특징 개요

구간 번호	거리 (m)	가로변 토지이 용	자전거 도로 유형	자전거 도로 배치	차선 수 (왕복)	혼잡도	구간 사진
1	289	상업 건물	겸용도로 (전용차 로)	차도 쪽 배치	5	낮음	
2	378	상업 건물	전용도로	차도 쪽 배치	5	낮음	
3	231	녹지	전용도로	차도 쪽 배치	5	낮음	
4	116	녹지	겸용도로	보도 쪽 배치	12	보통	

5	170	녹지	전용도로	보도 쪽 배치	12	낮음	
6	504	상업 건물	전용도로	보도 쪽 배치	12	낮음	
7	917	상업 건물	겸용도로	보도 쪽 배치	6	낮음	
8	73	녹지	겸용도로	보도 쪽 배치	6	낮음	

## ■ 분석 구간 1



[그림 3-13] 구간 1의 가로단면

구간 1의 경우 [그림 4-8]에서 볼 수 있듯이 상업건물에 인접하여 배치된 자전거 전용차로<sup>35)</sup>이다. 자전거 전용차로는 자전거 겸용도로와 같이 특별한 물리적 분리 없이 경계선을 통해 차도와 분리된 도로이다. 자전거 도로는 차도높이로 설치되었으며 보행로와는 식재 및 레벨차이를 통해 물리적으로 분리되었다.

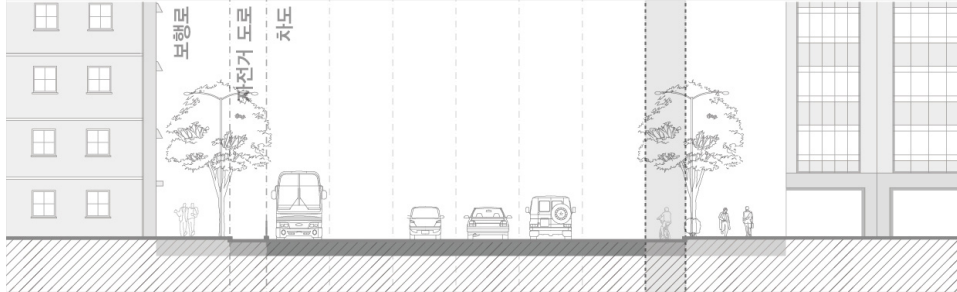


[그림 3-14] 구간 1의 상업가로

구간 1에 인접한 저층건물의 상가 업종의 경우 카센터, 고물상, 철물점 등으로 유동인구가 높지 않다. 또한 자전거 이용자의 시선을 크게 유도하는 가로변 활동이 빈번하게 발생하지 않는다.

35) 자전거 전용차로란 자동차의 속도가 50km/h이하일 때 특별한 물리적 분리 없이 설치되는 도로이다. 자동차 속도가 50km/h를 초과하면 자전거 전용도로를 설치하여야 한다.

## ■ 분석 구간 2



[그림 3-15] 구간 2의 가로단면

구간 2의 경우 상업건물에 인접하여 설치된 자전거 전용도로이다. 자전거 도로는 차도 높이로 설치되었으며 차도 및 보행로와 경계석, 식재를 통해 물리적으로 분리되었다.

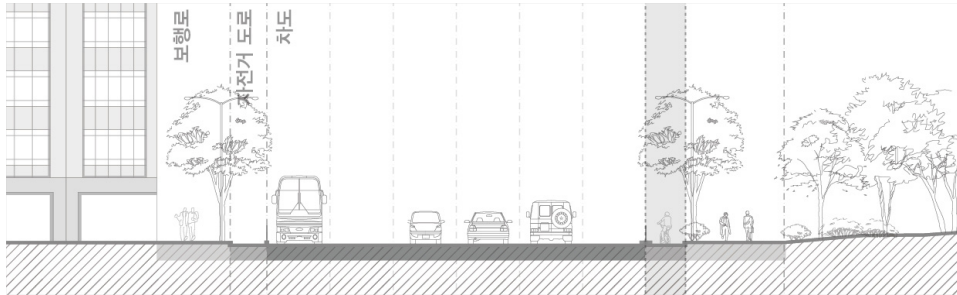


[그림 3-16] 구간 2의 도로환경

구간 2의 경우 저층상업건물이 들어선 구간 1과는 달리 대형 업무 건물과 인접해 있다. 구간 2의 상업은 이러한 대형 건물의 1층에 입점 되어 있으며 주 업종은 은행, 음식점, 편의점, 카페 등으로 구간 1에 비해 유동인구가 더 활발하다. 또한 구간 1에 비해 보도 폭이 넓어 상업건물과의 거리가 상대적으로 더 멀리 배치되어 있다.



### ■ 분석 구간 3



[그림 3-17] 구간 3의 가로단면

구간 3은 가락근린공원 동남쪽에 배치된 자전거 전용도로이다. 자전거 도로는 차도에 인접하여 배치되었으며 경계석과 식재를 통해 차도 및 보행로와 물리적으로 분리되었다.



[그림 3-18] 구간 3의 도로환경

구간 3의 경우 다른 구간에 비해 매우 단조로운 도시적 특징을 지닌다. 자전거 도로에 인접하여 녹지대가 배치되어 있으며 반대편 건물의 경우 상업건물이 아닌 업무 빌딩이 배치되어 있다. 부분적으로 1층에 상업이 혼재되어 있으나 주유소, 카센터 등으로 집객효과가 큰 업종은 아니다.

## ■ 분석 구간 4



[그림 3-19] 구간 4의 가로단면

구간 4는 대형 업무용 빌딩과 소규모 공원에 인접하여 배치된 자전거 겸용 도로이다. 빌딩과는 약 4~5m 폭의 가로녹지대를 통해 시각적으로 분리되어 있다. 자전거 도로의 경우 보도높이로 보행로와 물리적 분리 없이 설치되었다.



[그림 3-20] 구간 4의 도로환경

구간 4의 경우 가락시장 사거리, 아파트 단지 입구에 인접한 구간으로 출퇴근 시간이 아님에도 불구하고 유동인구가 많은 구간이다. 또한 버스정류장, 노점상이 가로변에 배치되어 있어 다른 구간에 비해 보다 혼잡하다.

## ■ 분석 구간 5



[그림 3-21] 구간 5의 가로단면

구간 5는 아파트 단지과 인접하여 배치된 자전거 전용도로로서 아파트 단지와는 녹지대를 통해 시각적, 물리적으로 분리되어 있다. 자전거 도로는 보도높이로 배치되었으며 화단을 통해 보행로와 분리되어 있다.



[그림 3-22] 구간 5의 도로환경

녹지에 인접하여 배치되었다는 점에서 구간 3과 비슷하지만 구간 3에 비해 차선 수가 약 2배로 반대편 건물과의 거리의 차이가 크다. 또한 반대편 건물의 경우 가락시장의 건물군으로 일반적으로 가로변에 인접하여 배치된 건물과는 다른 특징을 지닌다.



## ■ 분석 구간 6



[그림 3-23] 구간 6의 가로단면

구간 6의 경우 상업건물에 인접하여 배치된 자전거 전용도로이다. 자전거 도로는 보도높이로 설치되었으며 화단을 통해 보도와 물리적으로 분리되어 있다.



[그림 3-24] 구간 6의 상업가로

구간 6의 상업건물의 경우 구간 1, 구간 2의 상업시설에 비해 좀 더 집객효과가 큰 업종의 상가들이 분포되어 있다. 또한 구간 1과 2와는 다르게 건물의 1층 외에도 2, 3층까지 다양한 시설이 분포되어 있다. 이러한 차이는 간판, 광고물 등과 같은 건물의 입면에 차이를 야기한다. 또한 구간 6의 상업의 경우 가로변으로 상업 활동이 확장되는 경우가 부분적으로 발생하였다. 자전거 판매점에서 가로변으로 판매용 자전거를 전시해두는 것과 같은 가로변 상업 활동은 자전거 이용자의 응시를 유도하는 주요 가로변 특징이다.

## ■ 분석 구간 7



[그림 3-25] 구간 7의 가로단면

구간 7은 상업건물에 인접하여 배치된 자전거 겸용도로이다. 구간 6과 같이 보도높이로 설치되어 있으나 보행로와의 물리적인 분리는 되어있지 않다.



[그림 3-26] 구간 7의 도로환경

구간 7의 상업시설의 경우 구간 6과 가장 비슷한 특징을 지닌다. 그러나 구간 6에 비해 반대편 건물과의 거리가 가깝다.

또한 보행로와 물리적으로 분리가 되어 있지 않으며 보도(자전거 도로 포함)의 폭이 3~3.5m로 넓지 않은 편이다. 보행량이 많지는 않지만 보행자가 자전거 도로와 보행로를 구분 없이 통행하기 때문에 구간 7에서 자전거 도로의 경우 독립적인 도로의 역할을 수행하고 있지는 않다.

## ■ 분석 구간 8



[그림 3-27] 구간 8의 가로단면

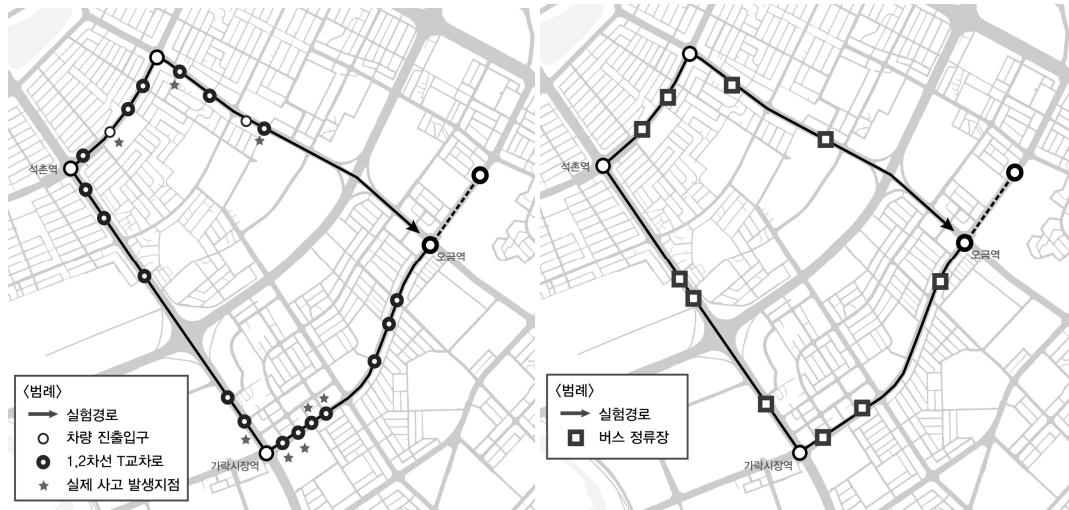
구간 8의 경우 근린공원, 초등학교, 아파트 단지과 인접하여 배치된 자전거 겸용도로이다. 이 경우 녹지대 혹은 담벼락을 통해 시야가 차단되었다. 자전거 도로는 구간 7과 같이 보도높이로 보행로와 물리적 분리 없이 설치되었다.



[그림 3-28] 구간 8의 도로환경

구간 7과 같이 자전거 도로가 존재하나 보행자가 자전거 도로를 이용하는 경우가 매우 빈번하다. 또한 구간 8의 경우 녹지대와 인접하여 배치된 구간 3,4,5와는 달리 담벼락에 인접하여 배치되어 있어 시야가 매우 차단된 구간이다.

## ■ 분석 구간 내 상충구간



[그림 3-29] 분석구간 내 상충구간\_ 교차로 및 진출입구(좌), 버스정류장(우)

분석 구간 내에는 총 30개의 상충구간이 존재한다. 이 중 20개는 교차로 및 진출입구로 대부분 1,2차선의 비신호 T자 교차로로 이루어져 있다. 이 구간에서는 신호의 제약 없는 직선도로 주의를 집중하지 않으면 사고로 이어질 수 있는 지점이다.

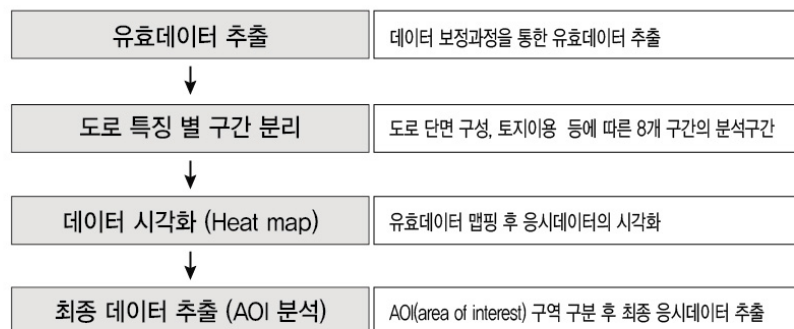
이와 함께 나머지 10개는 버스정류장으로 차도쪽으로 자전거 도로가 배치되어 있는 경우 버스가 일시적으로 정차할 때 시각적 혼란이 발생하게 된다. 혹은 보도쪽으로 배치가 되어 있는 경우 버스정류장과 자전거 도로가 혼재되어 주의집중이 요구되는 지점이다.

### 3절 분석방법

#### 1) 자료 처리 과정

50명의 실험을 통해 총 40명의 실험데이터를 분석에 이용하였다. 이는 실험 도중 실험장비의 연결이 끊어져 측정데이터가 기록되지 않은 경우와 측정율(Eye tracking ratio)<sup>36)</sup>이 80%이하인 데이터의 경우 분석에서 제외하였기 때문이다.

실험을 통해 측정된 데이터는 자전거 운전자의 전방시야와 소리를 측정한 영상데이터와 안구 위치를 측정한 좌표데이터(X, Y)로 저장된다. 안구의 위치는 0.02초당 1개의 샘플로 측정되어 1초에 총 50개의 안구위치가 측정된다. 측정된 원자료(raw data)는 단순히 샘플별 안구의 위치를 측정한 것으로 추후 분석을 위해서 추가적인 가공과정이 필요하다.

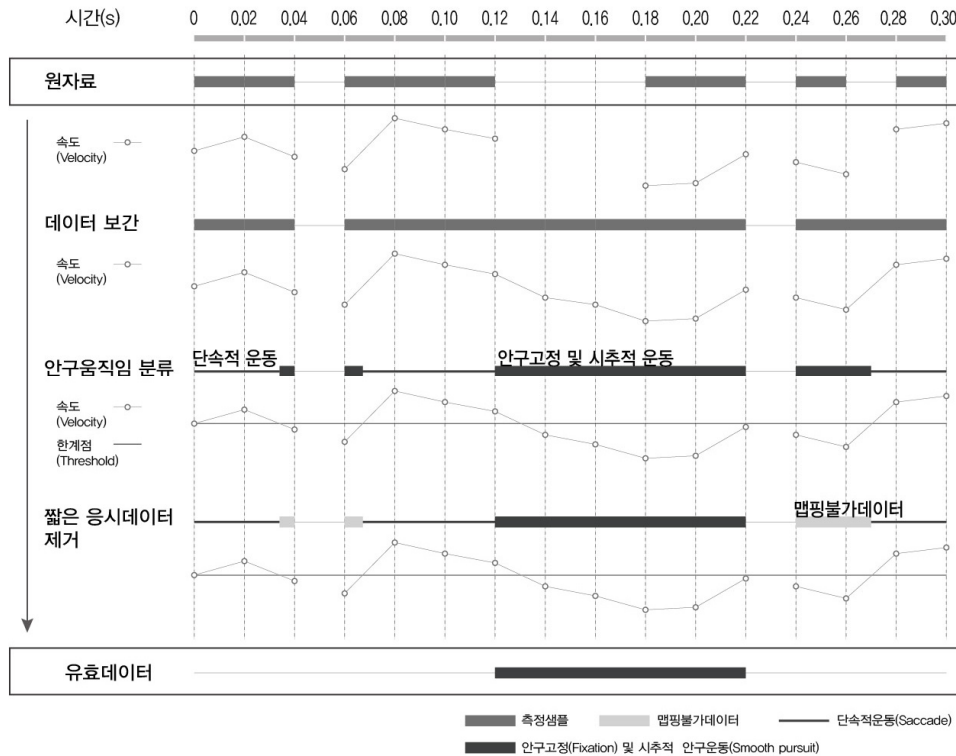


[그림 3-30] 데이터 처리 과정

36) ETR(eye tracking ratio)란 전체 실험기간 내에서 안구위치가 측정된 비율(%)을 말한다. 비율이 높을수록 안구움직임을 아이트래커가 정확히 측정했다는 것과 같다. 선행연구에서는 ETR(eye tracking ratio)가 80~90% 이상인 경우 분석에 이용하였다.

우선 첫 번째로 데이터 보정과정을 통한 유효데이터를 추출한다. 측정 도중 눈의 깜박임, 햇빛에 의해 안구 움직임이 부분적으로 측정이 되지 않은 경우와 기계적인 오차로 인하여 안구 위치의 정확도가 떨어지는 경우가 발생하기 때문에 데이터를 보정해준다. 또한 안구고정, 안구움직임으로 시각데이터를 분류한 후 안구가 고정된 응시만을 추출하여 실제 맵핑에 활용한다. 두 번째로 구간 별로 응시데이터를 분류한다. 교차로, 횡단보도 등을 제외한 단일로만을 대상으로 추출한다. 세 번째로 각 구간별로 추출된 유효데이터를 특정 영역에 수동적으로 맵핑한 후 데이터를 시각화한다. 마지막으로 맵핑된 데이터를 통해 최종 시각데이터를 도출한다.

## 2) 유효데이터 추출 및 분석구간 분리



[그림 3-31] 유효데이터 추출 과정

유효데이터를 추출하기 위해서는 데이터 보간, 안구움직임 및 안구고정의 분류, 짧은 응시데이터 제거의 과정이 필요하다. 첫 번째로 눈 깜박임 등으로 인해 부분적으로 측정이 끊기는 경우를 보정하기 위해 분석 프로그램 내에서 데이터 보간(data interpolation)을 진행하였다. 눈 깜박임 등에 의해 부분적인 미싱데이터(missing data)가 발생할 경우 한 개의 안구고정(fixation)이 두 개의 안구고정으로 잘못 해석될 가능성이 있다. 따라서 이러한 공백을 보정해주는 작업이 필요하다. 본 연구에서는 최대 75ms초 이내의 공백을 보정하였다.

위 과정을 통해 보정된 데이터는 안구운동에 따른 구분이 필요하다. 안구이동의 속도에 기반한 알고리즘<sup>37)</sup>에 따라 응시데이터를 단속적 운동, 안구고정, 시추적 운동으로 구분하였다. 본 연구에서는 안구 고정(fixation)과 시추적 운동(smooth pursuit)의 응시데이터를 실제 맵핑에 이용하였다.<sup>38)</sup>

이를 통해 추출된 안구고정(fixation) 데이터 중 100ms 이하의 짧은 데이터는 제거하였다. Lsolso<sup>39)</sup>의 이론에 따르면 0.1초 이상을 바라보아야 주의가 집중된 것이라고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 100ms 이상의 응시데이터만을 추출하였다.

[표 3-3] 평균 주행 속도, 1인당 유효 응시 데이터의 평균 및 표준편차 값

실험 참여자 수	주행 속도 (Speed) (km/h)	전체 측정 시간 (Total recording duration) (초)	분석 구간 내 응시데이터 횟수 (The number of Fixation) (개)	분석 구간 내 응시데이터 시간 (Total gaze data duration) (초)	유효데이터 <sup>40)</sup> (fixation duration) (초)
40명	10.8 ± 1.4	2522.67 ± 543	823 ± 233	473.36 ± 110	297.74 ± 93

데이터 보정과정을 통해 총 40명의 원자료로부터 유효데이터를 추출하였다. 실험참여자의 주행속도는 평균적으로 10.8km/h였으며 실험참여자 1명 당 평균 2350초의 자료가 측정되었다. 이 중 총 8개의 분석구간 내 평균 762개

37) 응시움직임의 속도를 visual degrees per second(°/s)로 측정하여 설정한 한계점(threshold) 값보다 낮으면 안구고정(fixation), 높으면 안구이동(saccades)로 구분한다. 본 연구에서는 속도 한계점(Threshold)의 값을 100으로 설정하였다

38) 내가 무언가를 주의를 기울인다는 것은 안구가 어떤 물체에 고정된 것뿐만 아니라 이동하는 물체를 따라 나의 안구가 이동하는 것(smooth pursuit)과 무언가를 찾기 위한 저속의 안구이동(slow saccade)을 모두 포함하는 개념이다.

39) Lsolso Robert, 신현정 (역) (2003), 『시각심리학』, 시그마프레스

40) 유효데이터란 단속적 운동의 응시데이터를 제외한 안구 고정, 시추적 운동의 응시데이터를 말한다.



(473.36초)의 응시데이터가 추출되었다. 이는 분석구간 내 안구고정(fixation)의 횟수와 응시시간(fixation duration)을 나타낸다. 이 중 실제 정보습득이 이루어지지 않는 단속적 안구운동(saccade)를 제외한 유효데이터는 평균 297.74초이다.

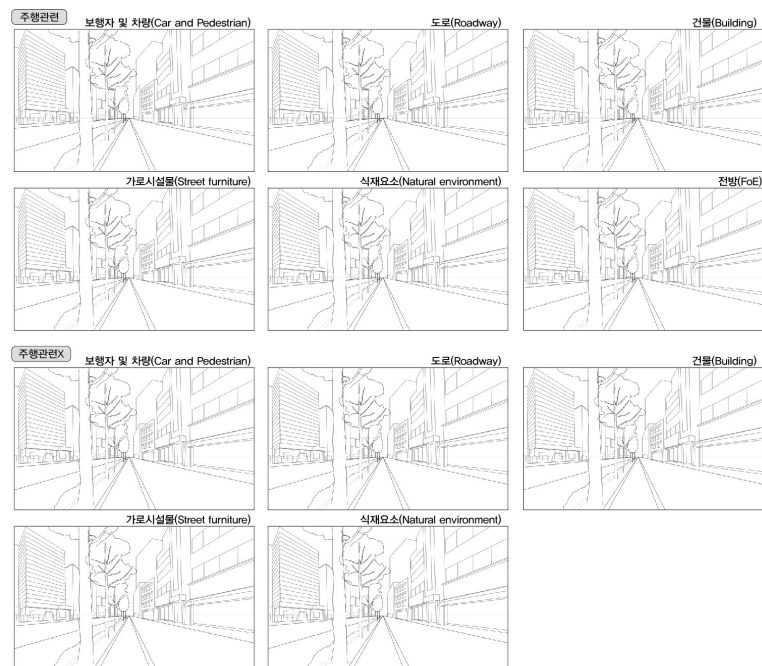
위 과정을 통해 추출된 유효데이터는 각 분석 구간 별로 분리하였다. 구간 별 응시 데이터의 값은 다음 [표 3-4]와 같다.

[표 3-4] 구간 별 응시 데이터 평균 및 표준편차 값

구간	1	2	3	4	5	6	7	8
데이터 수	40	40	40	40	40	40	40	40
1인당 평균 시간 (초)	35.5 (±18)	28.3 (±12)	25.4 (±14)	20.7 (±8)	19.8 (±11)	62 (±22)	53 (±26)	53 (±20)
총 시간(초)	1418.2	1132.3	1010.3	829	791.4	2481	2120.7	2121.6

### 3) 데이터의 시각화 및 최종 시각데이터의 추출

데이터 보정과정을 통해 추출된 유효데이터는 Tobii Pro Glasses Analyzer 프로그램을 이용하여 분석하였다. 각 분석 구간 별로 응시데이터를 분리하여 맵핑 및 시각화하였다. 시선추적을 할 때 공간 및 시야가 고정된 경우 자동적으로 시각데이터의 분석이 가능하나 자전거 주행영상의 경우 공간 및 시야가 시시각각 변화하기 때문에 수동적으로 안구위치를 입력하였다. 안구위치는 Fixation by Fixation 방식으로 입력하였다. 이는 한 개의 안구고정(fixation)씩 안구위치를 입력한다는 것과 같다. 본 연구에서는 1인당 약 800개의 안구고정 값들을 적합한 영역에 입력하였다.



[그림 3-32] 구간7의 맵핑템플릿 (AOI 영역의 구분)

자전거 이용자의 도시환경에서 도로, 건물 등과 같이 물리적으로 고정된 요소가 아닌 보행자, 가로시설물 같은 경우 유동적으로 위치가 변화한다. 이 경우 통합하여 안구위치를 입력할 경우 응시범위를 분석할 때 있어 왜곡된 시각

자료가 도출되기 때문에 요소별로 분리하여 입력하여야한다. 또한 이후 시각적 주의분산(%)을 도출하기 위해 주행과 관련 있는 요소와 없는 요소를 분리하였다. 따라서 [그림 3-15]와 같이 주행관련 및 요소별로 분리하여 안구위치를 입력하였으며 구간별로 도로형태, 가로변 토지이용 등이 다르기 때문에 각기 다른 템플릿을 이용하였다. 또한 주행관련 응시와 관련이 없는 응시의 기준은 다음의 [표 3-5]와 같다.

[표 3-5] AOI 영역 및 기준

영역	주행 관련 응시데이터		주행과 관련 없는 응시데이터	
	자전거 전용도로	자전거 겸용도로	자전거 전용도로	자전거 겸용도로
전방	진행방향으로의 응시		-	
도로	자전거 도로	자전거 도로에 도로, 보행로 포함	도로 및 보행로	-
건물	-		가로변 건물	
가로시설물	교통 안내 표지판		안내 표지판 이외의 가로시설물	
식재	-		가로수, 화단 등	
차량 및 보행자	자전거 도로 위 차량 및 보행자		자전거 도로 외 차량 및 보행자	



[그림 3-33] 맵핑 과정

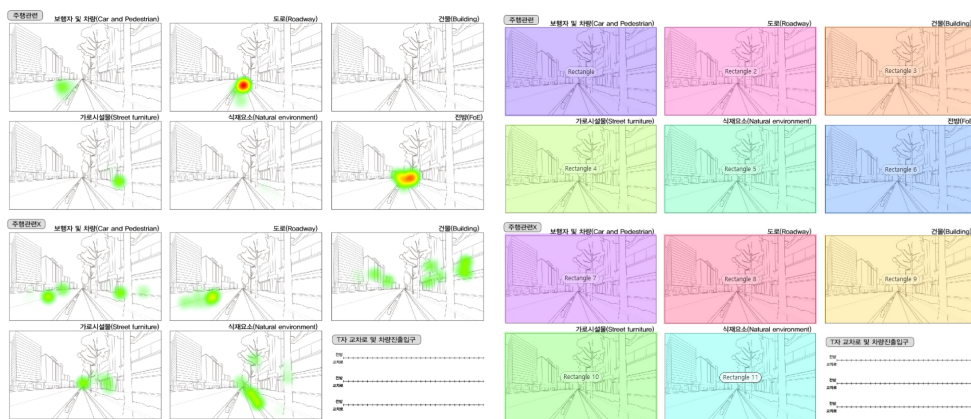
각 AOI 영역(Area of Interest)에 맞게 안구위치를 입력할 때 있어 단체 행사가 있는 경우, 자전거 도로에 갑작스러운 차량의 주차 등과 같은 일시적인 특별이벤트는 제외하였다.



[그림 3-34] 자전거 주행 중 특별 이벤트 예시

시각화과정을 통해 생성된 색온도 지도(heat map)는 다음 [그림 3-18]과 같다. 실험참여자 1명당 총 8개의 구간에 따라 8개의 색온도 지도가 생성되었으며 이를 통해 각 영역에 따라 응시범위가 어떠한지 파악가능하다.

또한 AOI(Area of Interest) 분석을 통해 색온도 지도로 부터 응시데이터를 추출하였다.



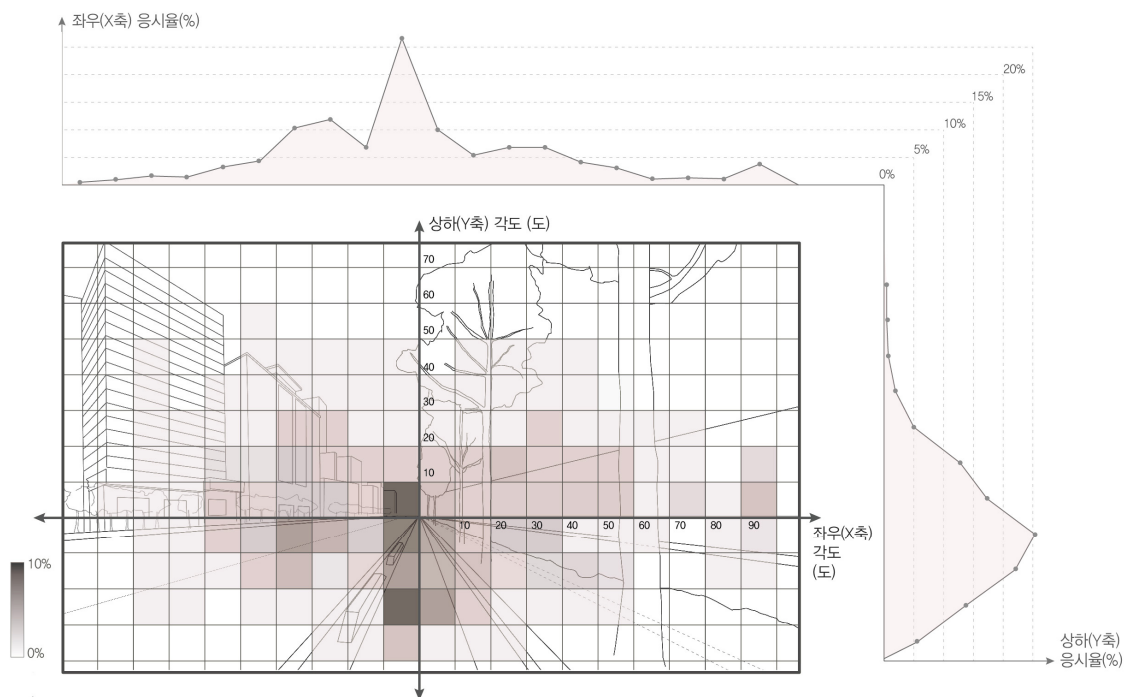
[그림 3-35] Heat map(좌), AOI 분석(우)

## 제4장 결과분석 및 논의

### 1절 T자형 응시행동

#### 1) T자형의 응시행동

##### ■ 응시 범위 및 응시율(빈도), 주요 응시지점



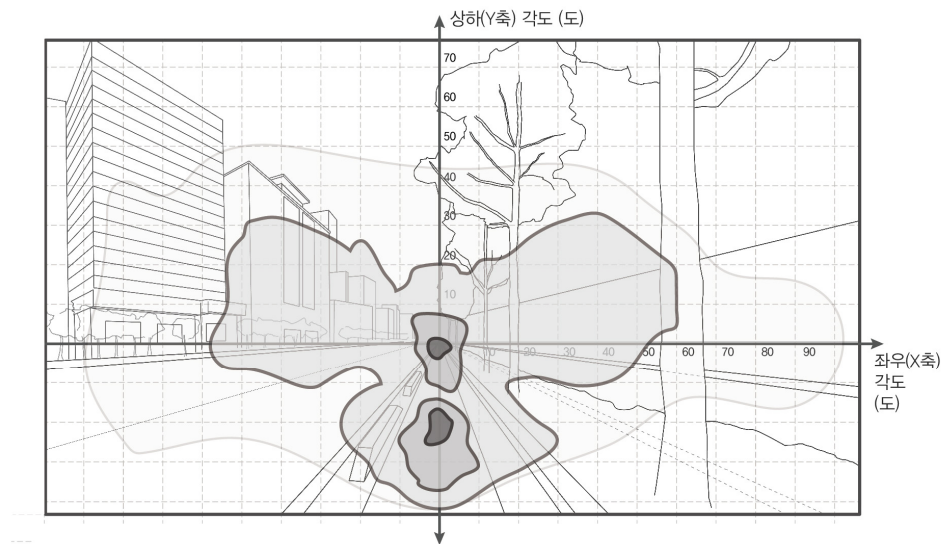
[그림 4-1] Grid 분석 맵 \_ 응시 범위 및 응시율(%)

본 연구에서는 도시환경에 대한 자전거 이용자의 평균 응시범위 및 응시율(빈도)을 분석하기 위해 Grid 분석<sup>41)</sup>을 실시하였다. 그 결과는 위의 [그림 4-1]과 같다.

41) Grid 분석은 머리가 고정되었을 때 시야범위를 20X11 격자로 구분하였다. 좌표 값의 기준은 전방(소실점)을 중심으로 하였다. 실험참여자마다 전체 응시시간에서 각 격자 내에 위치한 안구고정의 응시시간의 비율(%)을 측정하였다. 총 실험참여자 40명의 평균을 최종 값으로 이용하였다.

이에 따르면 자전거 이용자들은 전방을 중심으로 좌우  $-60^{\circ} \sim +60^{\circ}$ , 상하  $-30^{\circ} \sim +20^{\circ}$  내의 범위를 주로 응시함이 나타났다. 그 중 전방과 자전거 도로를 포함하는 좌우  $-10^{\circ} \sim +10^{\circ}$ , 상하  $-30^{\circ} \sim +10^{\circ}$  의 범위로의 응시가 가장 빈번하게 발생하였다.

또한 대체적으로 좌우 응시 변화폭이 상하 변화폭보다 크게 나타났다. 그리고 좌우 방향의 경우 전방을 중심으로 비교적 대칭적으로 응시가 나타났으나 상하 방향의 경우 전방 아래쪽에 치우쳐 응시가 나타났다.



[그림 4-2] T자형 응시 범위

이러한 응시 범위는 위의 [그림 4-2]와 같이 T자형의 특정 형태를 나타낸다. 자전거 이용자의 눈높이를 기준으로 좌우방향으로의 一자의 응시와 상하방향으로의 1자의 응시가 합쳐진 형태이다.

이 형태 내에서 전방과 자전거도로 두 곳의 주요 응시지점이 도출되었다. 자전거 도로내의 주요 응시지점의 경우 전방에서  $20^{\circ}$  아래에 위치한 지점을 주로 응시한다.

자동차 운전자가 주로 전방을 중심으로 응시하는 것과는 달리 자전거 이용자의 경우 자전거 도로를 포함하여 주요 응시지점이 2곳으로 나타났다. Land and Horwood(1995)에 따르면 자동차 운전자가 도로를 응시하는 것이 단순히 차선을 확인하고 노면 사인을 인식하는 정도에서 그치는 것과는 달리 자전거 운전자의 경우 전방예측의 역할을 함께 수행할 수 있다. 이는 중심시가 도로를 응시하면서 동시에 주변시를 통해 전방을 상황을 대략적으로 파악함을 통해 이루어진다. 주행 속도가 빠른 자동차의 경우 주변시를 통해 얻는 정보는 매우 적지만 비교적 속도가 느린 자전거의 경우 더 많은 정보를 획득할 수 있다. 따라서 전방과 인접한 자전거 도로의 지점은 자전거 경로를 확인할 수 있는 것과 더불어 전방예측의 역할도 부가적으로 수행할 수 있기 때문에 자전거 주행에 적합한 응시 지점이다.

이 두 주요 응시지점의 선택은 도시적 상황에 따라 결정된다. 만일 곡선로이거나 전방에 다른 자전거 이용자, 보행자 등으로 인해 전방을 쉽게 예측하기 힘든 경우 전방으로의 응시가 증가한다. 이와는 달리 전방이 비교적 주변시를 통해 예측 가능하거나 경로의 유지에 대한 노력이 증가할 때 자전거 도로로의 응시가 증가한다.

본 연구에서 자전거 이용자들은 두 주요 응시지점을 중심으로 T자형의 범위 내에서 도시환경을 응시하는 것으로 나타났다. 이러한 응시 범위의 형태는 자전거 주행 시 최소한의 안구 및 고개움직임을 통해 전방 및 주변 환경을 파악할 수 있는 가장 합리적인 응시범위 및 형태이다. 이와 마찬가지로 이는 기존의 선택적 시각집중 이론인 SEEV 모델에서 안구이동의 경로가 짧을수록 응시가 증가하는 것과도 상통한다.

## ■ 응시변화과정

자전거 이용자의 응시는 T자형의 범위 내에서 다양한 상황에 맞춰 변화한다. 대체적으로 일반적인 도시상황에서 전방, 도로, 건물, 식재, 가로시설물, 보행자 및 자동차와 같은 요소를 번갈아가며 응시한다. 이와 함께 불규칙적으로 발생하는 돌발 상황에 따른 일시적인 응시변화가 동반된다.

본 연구에서는 전체 분석구간 내에서 자전거 이용자의 응시위치 변화과정을 통해 전체적인 응시행동의 흐름을 살펴보았다. 주행에 따른 전방(0,0)을 기준으로 X, Y 좌표 값의 변화 값을 그래프화 하였으며 이는 다음 [그림 4-3]<sup>42)</sup>와 같다.

이 그래프에 따르면 안구위치의 좌표 값은 대체적으로 일정한 범위 내에 분포되어 있으며 이와 함께 일시적으로 매우 크거나 매우 작은 응시 변화폭의 값이 나타난다.

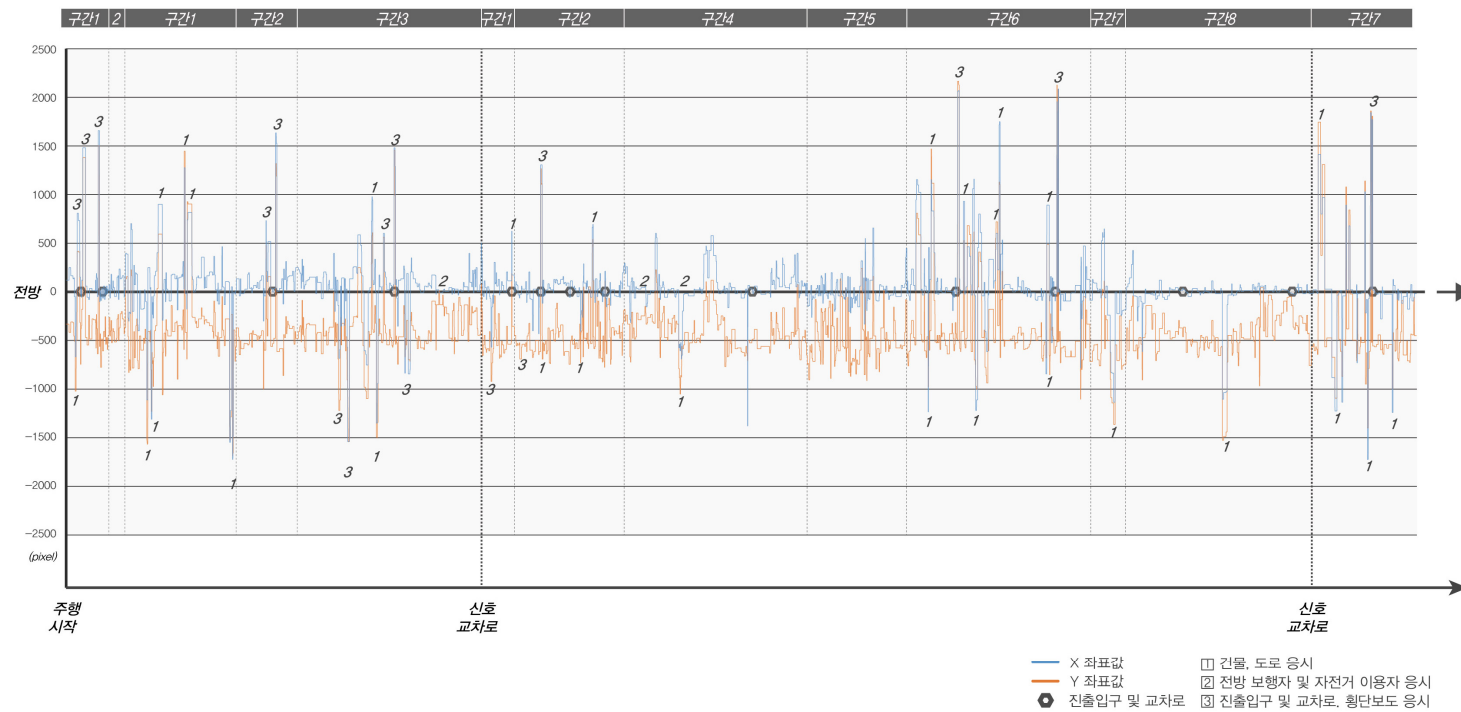
매우 큰 변화폭이 나타나는 상황은 주변 건물, 도로 등과 같이 도시환경을 인식할 때 혹은 상충구간에 인접할 때 주로 발생한다. 이와는 달리 전방에 다른 자전거 이용자, 보행자, 자동차 등으로 인해 주행경로가 제한될 때 응시 변화폭은 매우 감소하게 된다.

이러한 응시 변화과정의 특징에 따라 일반적인 상황에서의 응시변화과정과 돌발 상황에서의 일시적인 응시변화과정을 살펴보면 다음과 같다.

---

42) 응시 변화과정은 모든 주행영상을 분석 한 후 전체 40개의 영상 중 가장 대표적인 영상을 선정하여 그래픽 화하였다. 대표적인 영상은 주행 시 발생하는 다양한 상황들이 종합적으로 발생하고 각 요소로의 응시율이 평균과 비슷한 영상을 중점적으로 선정하였다. 또한 전체 주행 구간 중 분석구간내의 응시위치만 도출하여 표시하였다.





응시 경로 맵(scan path)

1. 건물, 도로 응시 (일반적인 상황)
2. 전방 보행자 및 자전거 이용자 응시
3. 진출입구 및 교차로, 횡단보도 응시

[그림 4-3] 응시위치(X, Y값)의 변화과정

우선 일반적인 주행상황에서의 응시변화를 응시 경로맵(Scan path)으로 나타내면 다음 [그림 4-4]와 같다. 본 연구에서 일반적인 주행상황은 교차로, 차량 진출입구, 다른 자전거 이용자의 갑작스러운 등장 등과 같이 일시적으로 충돌이 예상되는 위험한 도시적 상황을 제외한 단일로 내에서의 주행상황으로 정의한다.



[그림 4-4] 일반적인 상황에서의 응시변화

일반적인 도시상황에서의 자전거 이용자의 응시는 전형적인 T자 형태를 유지하며 이루어진다. T자형의 범위 내에서 V자 방향으로 전방과 자전거 도로, 자전거 도로와 주변 도로 및 건물 등으로의 응시의 반복을 통해 도시환경을 인식한다.

이와 함께 주행 중 돌발 상황에 따라 일시적으로 자전거 이용자의 뚜렷한 응시 변화를 야기하는 경우는 다음의 두 가지 응시특징을 지닌다.

첫 번째로 일반적인 T자형의 응시 범위 내에서 응시 변화가 전방으로 매우 집중되는 경우이다[그림 4-5]. 이는 주행 경로 내에 다른 자전거 주행자나 보

행자, 자동차와 같이 전방의 시야와 주행을 가로막는 장애물에 맞닥트린 상황에서 발생한다. 이 경우 앞선 주행자로 인해 안전거리 유지가 매우 중요한 상황이 되기 때문에 전방으로의 응시가 매우 증가하고 도로로의 응시가 감소한다. 이와 함께 부분적으로 주변 도시환경으로의 응시가 발생한다. 또한 이는 전방을 주로 응시하며 부분적으로 주변 도시환경과 도로를 응시하는 자동차와 비슷한 응시행동을 나타낸다.

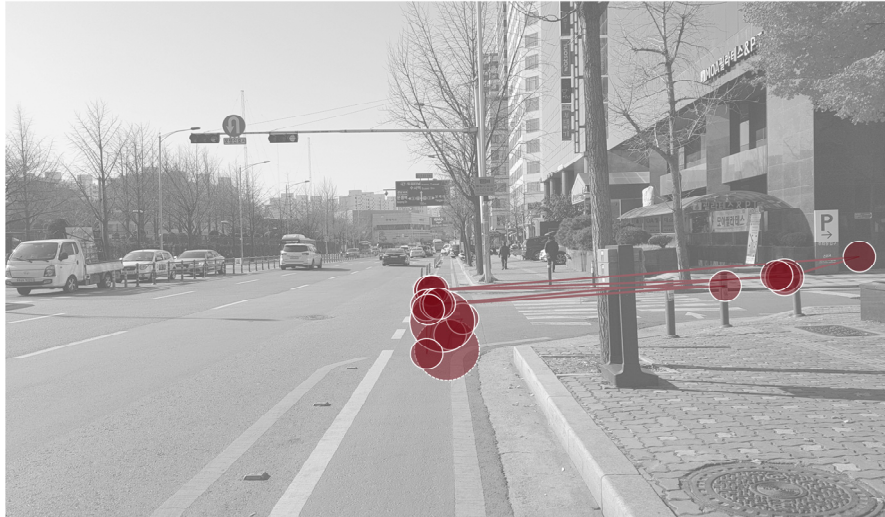
이러한 일시적인 응시 변화는 [그림 4-3]의 응시위치의 변화과정에서 응시 변화 폭이 매우 줄어드는 구간에서도 확인할 수 있다.



[그림 4-5] 전방 운전자에 따른 응시변화

두 번째로 전방을 중심으로 응시 변화 폭이 매우 커지는 경우이다[그림 4-6]. 이는 보행자, 자동차 등과 충돌의 위험이 있는 상충지점에서 주로 발생한다. 횡단보도, T자형 교차로, 차량 진출입구 등에서 자전거 이용자들은 다가오는 위험을 미리 예측해야한다. 이 경우 자전거 이용자들은 전방과 상충구간을 급격한 안구 및 고개 움직임을 통해 번갈아 가면서 응시하게 된다. 이때 응시변화폭이 매우 커지게 된다. 이러한 급격한 응시 변화를 응시가 확장되었

다고 표현할 수 있다. 또한 이러한 상황에서는 일시적으로 주변 도시환경에 대한 응시가 거의 발생하지 않는다.



[그림 4-6] 상충구간에서의 응시변화

## 2) 도시 요소 별 응시행동

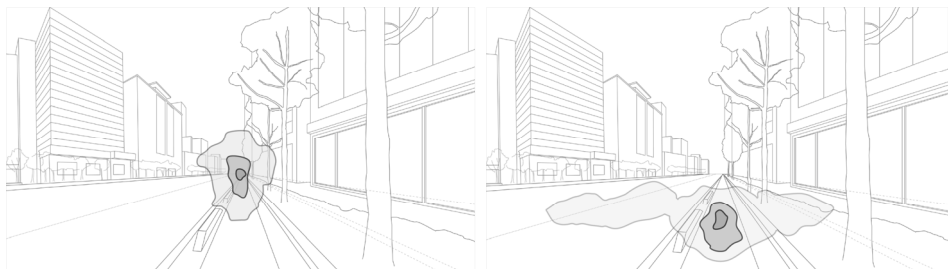
자전거 이용자가 도시 환경을 T자형으로 응시할 때 I자(상하) 방향의 응시범위는 전방 및 도로로의 응시를 나타낸다. 이와 함께 一자(좌우) 방향의 응시범위는 주변 건물, 보행자 및 차량, 상충구간을 응시할 때 주로 나타난다. 본 연구에서는 도시 요소별 세부적인 응시범위와 응시특징을 분석하였다. 이 중 전방, 도로, 건물, 보행자 및 차량의 경우 일정한 응시범위 패턴이 나타났으나 가로시설물과 식재의 경우 특정한 응시패턴이 발생하지 않았다. 또한 이와 함께 상충구간에서의 응시특징도 함께 분석하였다.

### ■ 전방 및 도로의 응시(I자 응시)

본 연구에서 응시데이터의 시각화(heat map)를 통해 도출된 전방과 도로의 주요 응시범위는 다음 [그림 4-7]과 같다. 전방의 경우 전방의 소실점을 중심으로 원형의 응시범위가 나타났다.

이와는 달리 도로의 경우 주요 응시지점(전방에서 20° 아래 지점)을 중심으로 원형의 응시 범위와 一자 방향의 띠 형태의 응시범위가 함께 나타났다.

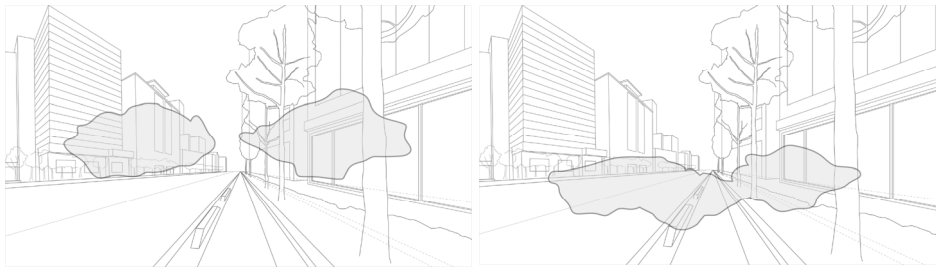
도로의 경우 주변의 차도와 보행로 또한 같이 응시하였지만 주로 자전거 도로를 응시하였다. 자전거 운전자들이 자전거 도로를 응시할 때 주로 자전거 도로의 경계선, 사인, 패턴이 변화하는 지점 등을 따라 응시가 고정되었다.



[그림 4-7] 전방 응시범위(좌), 도로 응시범위(우)

## ■ 건물, 보행자 및 차량의 응시(一자 응시)

전방 및 자전거 도로로의 응시와 더불어 부분적으로 주변 환경으로의 응시가 나타났다. [그림 4-8]에서 볼 수 있듯이 건물과 보행자 및 차량을 응시할 때 자전거 이용자들은 좌우방향의 패턴을 통해 응시한다.



[그림 4-8] 건물 응시범위(좌), 보행자 및 차량 응시범위(우)

자전거 이용자가 주변 건물 군과 같은 도시경관을 인식할 때 일반적으로 다양한 도시적 특징이 시선을 유도할 것으로 여겨진다. 선택적 시각집중 이론인 SEEV 모델에서 현저성(Saliency)의 요인에 따르면 특정 요소가 크기, 색 등에 의해 눈에 더 잘 띄수록 응시될 확률이 높아진다.

그러나 본 연구에서는 이러한 특징이 두드러지게 발생하지 않았다. 그럼에도 불구하고 주변 상황을 파악할 때 있어 특정 응시 영역과 방향성이 도출되었다. 자전거 이용자들에게 응시되는 요소들은 주로 눈에 잘 띄는 요소보다 주로 자전거 이용자들이 선호하는 특정 시야 영역 내에 위치했느냐가 더 중요한 유도요인으로 작용하였다. [그림 4-8]에서 볼 수 있듯이 자전거 이용자들은 눈높이에서 좌우방향의 영역을 통해 주변 도시경관을 주로 응시한다. 이 응시범위는 자전거 이용자들이 주변 상황을 응시할 때 최소한의 노력을 요구하는 합리적인 범위이다. 이는 SEEV모델에서 안구이동을 위한 노력(Effort)이 적은 위치일수록 더 시선이 유도된다는 개념과도 상통한다. 따라서 자전거 이용자

들은 특정 도시 요소의 개별적인 특징보다 응시하기 편한 위치의 도시요소를 주로 응시함을 통해 주변 경관을 인식하는 경향이 나타난다.

보행자 및 차량의 경우 건물의 응시범위와 비슷한 형태를 나타내나 다소 전방보다 낮은 높이에서 주로 인식되었다. 또한 자전거 주행로에 인접한 보행자 및 차량일수록 그렇지 않은 경우보다 응시가 빈번하게 나타났다.

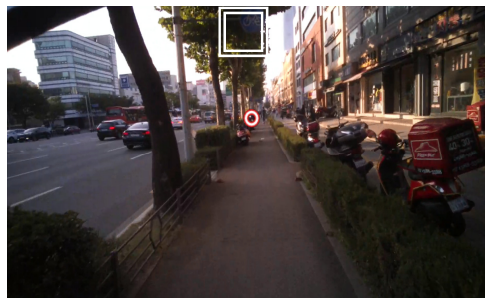


## ■ 가로시설물의 응시

가로시설물에는 자전거 도로변 펜스, 벤치, 가로등, 표지판 등이 있으나 이중 주로 안내 표지판으로의 응시가 빈번하게 발생한다. 이러한 가로시설물의 경우 특정 응시범위를 나타내진 않았으나 주로 특정 위치의 표지판을 응시하는 경향이 나타났다. 가로시설물 중 자전거와 관련된 안내 사인은 주로 공중에 설치된 표지판과 지면에 설치된 표지판 그리고 노면 표시가 있다.



[그림 4-9] 지면 높이 교통 표지판 및 노면 사인



[그림 4-10] 지면 위 3m 높이의 교통 표지판

구간 6에서 이 두 가지 형태의 안내 사인에 대해 자전거 이용자의 응시 빈도를 분석한 결과는 다음 [표 4-1]과 같다. 이에 따르면 3m 위에 설치된 표지판으로의 응시율이 약 5%인 반면 지면 높이 표지판으로의 응시는 30%로 훨씬 높은 결과를 나타냈다.



[표 4-1] 교통 안내 사인 종류 별 개수(개) 및 응시율(%)

	3m 높이 표지판	지면 높이 표지판
개수	11	8
응시율	5%	34%

이는 Crundall et al.(2006)의 연구에서 지면에서 3m 위에 설치된 광고물보다 지면에 설치된 광고물이 더 주의를 끈다는 결과와 상통한다. 또한 이는 본 연구에서 자전거 이용자들이 T자형의 범위 내에 위치할수록 응시가 증가하는 것에 기인하여 해석할 수 있다.

따라서 안내 사인을 설치함에 있어 색, 크기 등을 고려한 특징 또한 중요하지만 이러한 사인이 자전거 이용자의 응시 범위 내에 위치해있는지가 안내 사인의 응시에 무엇보다 중요한 요인으로 작용한다.

## ■ 상충구간에서의 응시

자전거 이용자들이 도시환경에서 건물, 보행자, 가로시설물, 도로 등의 도시 요소들을 응시할 때 있어 각기 다른 특징을 지니는 것과 함께 부분적으로 나타나는 상충구간에서 또한 자전거 이용자들은 특정한 응시 특징을 지닌다. 위의 [그림 4-6]에서 볼 수 있듯이 상충구간에서는 일반적으로 주변 도시환경을 응시할 때 보다 더 큰 응시 변화폭을 지니며 상충구간으로의 급격한 응시 변화가 발생한다. 이를 본 연구에서는 응시가 확장되었다고 정의한다. 그러나 모든 자전거 이용자들에게 이러한 응시 행동이 나타나는 것은 아니다. 자전거 이용자들의 개인적 특징, 주행 시 환경적 특징에 따라 이러한 응시 특징이 다르게 발생한다.

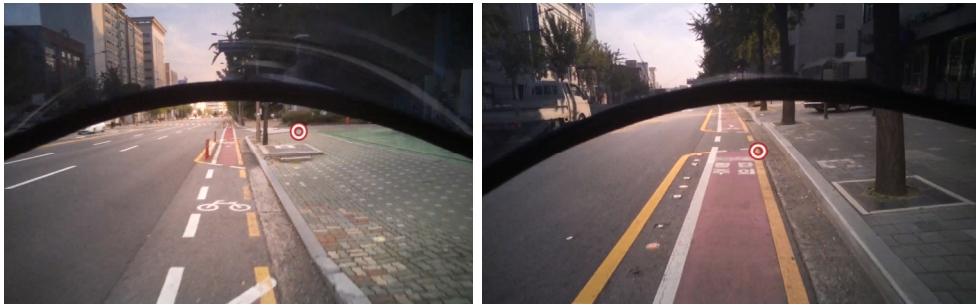
[표 4-2] 주행 중 상충구간의 발생 빈도

상황 구분	설명	발생 빈도(1인당)
상충 구간	비 신호 T자 교차로	18번(약 200m당 1번씩)
	건물 주차장, 공공서 입구(차량 진출입구)	2번

자전거 이용자들의 주행영상을 분석한 결과 본 연구의 분석구간에서 자전거 이용자들의 응시행동 변화를 야기하는 상충 구간의 빈도는 위의 [표 4-2]와 같다. 비신호 교차로와 진출입구와 같은 물리적 요소의 경우 총 주행 구간 중 총 20번 발생하였다. 본 연구에서는 자전거 주행 영상 분석을 통해 각 상충구간에서 자전거 이용자들의 응시확장이 발생하는지에 대한 유무와 응시특징을 분석하였다.

자전거 주행 영상 분석에 따르면 자전거 이용자들이 상충구간을 응시하기 전 특정 응시 행동이 발생하였다. 이는 특정 도시적 지점에 대한 응시로서 자전거 이용자들이 상충구간으로의 응시하기 전 ‘공간적인 힌트’ 로의 응시가

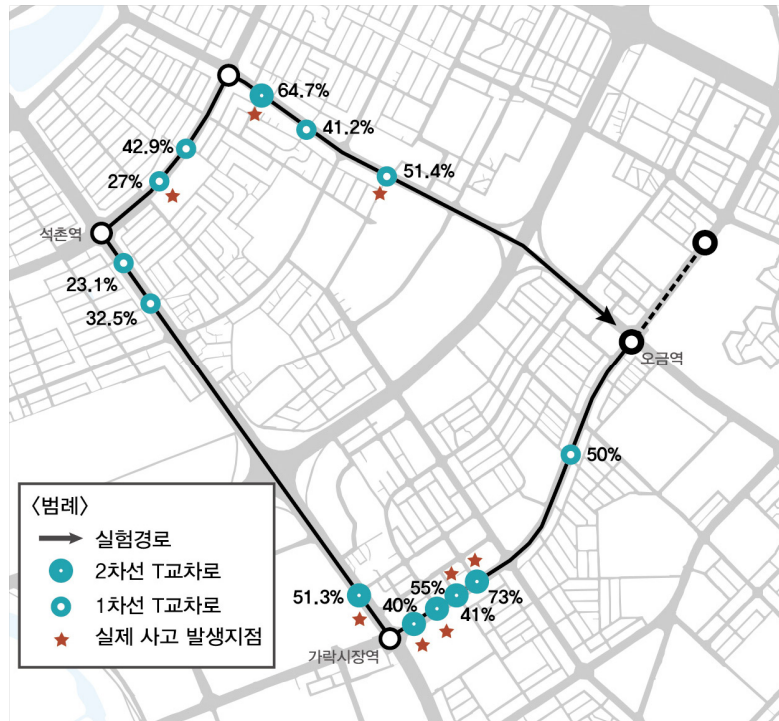
발생하는 경향을 말한다. 상충구간에서는 일반적으로 차량 진출입이 원활하도록 보도가 낮아지거나 이를 알려주기 위한 노면 표시, 보도의 형태 변화가 일어난다. 공간적인 힌트란 이렇게 일시적으로 물리적 특징이 변화하는 지점을 말하며 앞으로 다가올 상충구간을 미리 예상하게 한다.



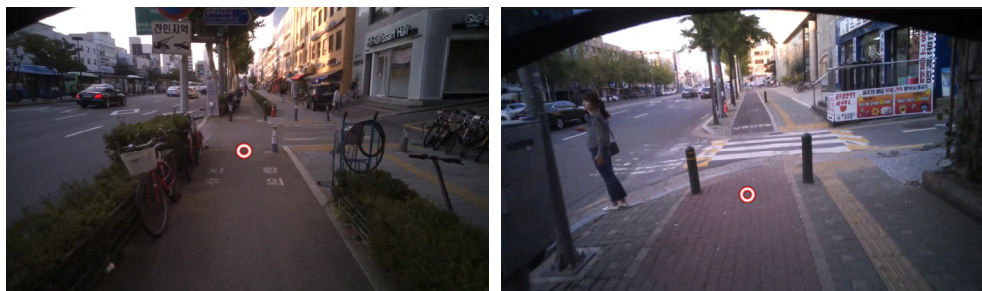
[그림 4-11] 상충 구간 전 공간적인 힌트

이와 함께 각 상충구간에서의 응시 확장 비율을 측정한 결과는 다음 [그림 4-12]와 같다. 각 상충구간 별 응시확장 비율에 따르면 자전거 이용자의 절반 정도는 실제로 상충구간으로의 응시확장이 발생하지 않았다. 실제로 구간 6의 경우 약 30%로 가장 낮은 응시 확장을 나타낸다. 이는 공간적인 힌트를 통해 상충구간을 발견한 후 다가오는 차량과 같은 뚜렷한 위험요소가 없을 경우 주변시를 통해 상충구간을 인지하는 것으로 해석된다. 따라서 실질적인 응시 확장은 관찰되지 않았다. 이와는 달리 차량이 다가오는 등의 명백한 위험이 감지되면 중심시를 통한 응시확장이 발생하는 것으로 해석된다.

또한 본 연구에서 언급한 공간적인 힌트가 더 뚜렷할수록 응시확장이 더 잘 일어나는 경향이 나타났다. 대부분 응시확장 비율이 절반정도로 나타났지만 구간 6같은 경우 30%정도로 특히 낮았다. 이 경우 [그림 4-13]에서 볼 수 있듯이 다른 구간에 비해 공간적 힌트가 덜 뚜렷한 특징을 지니고 있었다. 따라서

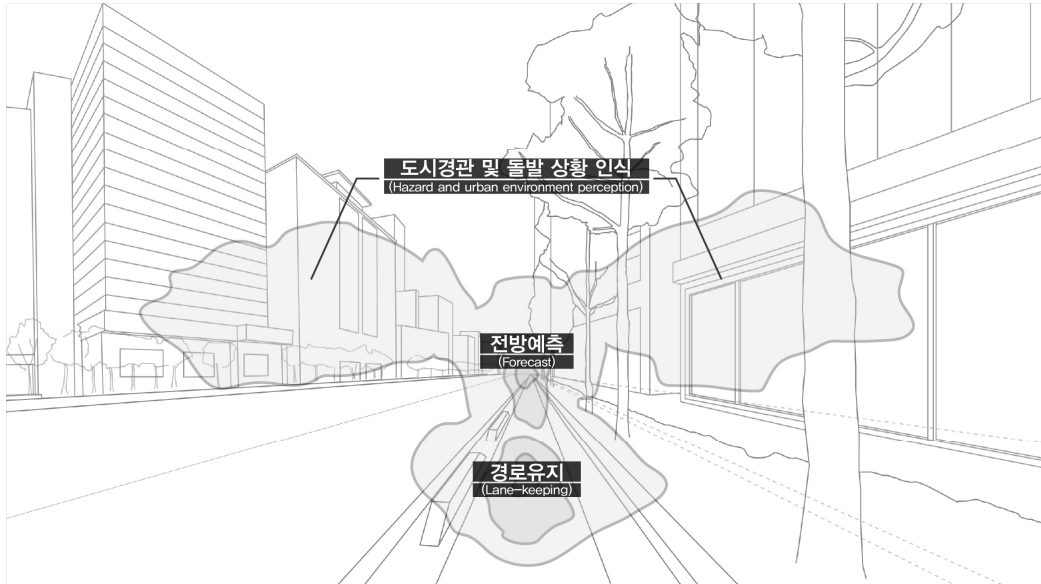


[그림 4-12] 상충구간에서의 응시확장(급작스러운 응시변화) 비율(%)



[그림 4-13] 덜 두렷한 힌트(좌), 두렷한 힌트(우)

### 3) 응시 유형



[그림 4-14] T자형의 응시범위 및 응시 유형의 범위

위의 T자형의 주요 응시범위 내에서 자전거 이용자들의 각각의 응시 지점은 저마다 다른 목적을 지닌다. 이에 따라 응시 유형을 다음 4가지로 구분할 수 있다. 이는 전방예측을 위한 응시, 경로 유지를 위한 응시, 도시경관 인식, 돌발 상황 인지를 위한 응시이다. 이러한 응시 유형은 T자형의 응시범위 내에서 서로 다른 응시 범위를 나타내며 각 응시유형에 따른 주요 응시범위는 [그림 4-14]와 같다. 도시경관 및 돌발 상황의 인식의 경우 공통된 응시범위를 지나 실제로 응시하는 시각정보에 따른 차이가 존재한다.

본 연구에서 이러한 응시 유형은 도시의 특징, 개인적 특징 등에 상관없이 공통적으로 관찰되었다. 각 응시 유형의 빈도는 도시적 상황에 따라 다소 차이가 있으나 본 연구에서는 [표 4-3]과 같이 나타났다. 언제 발생할지 모르는 불확실한 돌발 상황으로의 응시를 제외하고 경로유지(46.7%), 전방예측(26.9%), 도시경관 인식(26.4%) 순으로 빈번하게 발생하였다.

[표 4-3] 유형 별 빈도% (도로 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%))

구분	응시요소 (M±SD)						
	전방 예측	경로 유지	도시경관의 인식				
	전방	도로	건물	식재	가로 시설물	보행자 및 차량	총합
응시율	26.9% (±17.9)	46.7% (±23.0)	9.6% (±8.7)	6.8% (±8.1)	2.2% (±3.0)	8.3% (±13.8)	26.4%

자전거 이용자의 응시유형 중 전방 예측이란 자전거 이용자가 주행하고자 하는 방향의 상황을 예측하기 위한 응시를 말한다. 끊임없이 물리적 환경이 변화하는 도시상황에서 전방의 상황을 미리 예측하는 것은 무엇보다 중요하다. 일반적으로 도로 운전자는 전방을 지속적으로 응시할 것으로 예상되나 본 연구에서는 전체 주행 시간 중 약 20~30%정도 전방을 응시하는 것으로 나타났다. 또한 이는 자전거 이용자의 시각을 연구한 Vansteenkiste et al.(2013)의 연구에서 전방으로의 응시의 빈도가 40%(±23)로 도출된 것에 비해 다소 낮은 수치이다. 이는 본 연구의 주행 속도(약 11km/h) 내에서 충분히 주변시를 이용하여 전방의 상황을 대략적으로 파악이 가능했다는 점과 전방의 예측이 힘든 곡선로가 아니라 직선로의 경우 더 적은 응시로도 전방을 쉽게 예측할 수 있다는 점에서 기인한다.

이와는 달리 경로유지란 자전거 도로 내에서 경로를 유지하기 위해 자전거 도로를 주로 응시하는 응시행동을 말한다. 일반적으로 자전거 이용자의 응시 행동 중 가장 빈번하게 발생하였다. 자전거 도로의 범위 내에서 주행이 이루어지고 있는지, 장애물은 없는지 등을 확인하기 위해 끊임없이 자전거 도로를 응시하였다. 자동차의 경우 운전자 스스로 중심을 유지할 필요가 없는 것에 비해 자전거는 운전자가 중심유지 및 지속적으로 페달을 밟아야한다. 그에 따

라 경로유지의 필요성이 증가하게 되고 도로로의 응시가 증가하게 된다.

또한 Land and Horwood(1995)에 따르면 자동차 운전자와 같이 도로로의 응시가 단순히 차선을 확인하고 도로 사인을 인식하는 정도에서 그치는 것이 아니라 자전거 운전자의 경우 경로유지를 위해 인접한 자전거 도로로의 응시는 전방예측의 역할을 함께 수행할 수 있다. 실제로 본 연구에서도 자전거 이용자들은 자전거 도로를 응시할 때 자전거 이용자와 근접한 영역의 도로를 응시하는 것이 아닌 전방과 인접한 먼 지점의 자전거 도로를 주로 응시하였다. 따라서 자동차 운전자에 비해 자전거 이용자에게 도로로의 응시는 무엇보다 중요한 의미를 지니며 도로의 특징은 주행시각에 더 직접적인 영향을 끼친다.

이와 함께 자전거 이용자들은 주변의 건물, 식재 등을 응시함을 통해 주변 도시경관을 인식한다. 일반적으로 자동차 운전자에 비해 더 빈번하게, 보행자 보다는 적게 주변의 도시경관을 응시하는 경향을 띄며 주행 난이도가 낮은 경우 이러한 응시가 증가한다고 알려져 있다(Vansteenkiste et al., 2013). 본 연구에서 [표 4-3]에 따르면 자전거 이용자들은 도시경관을 인식할 때 주로 건물, 보행자 및 차량, 식재, 가로시설물 순으로 빈번하게 응시함을 통해 주변 도시환경을 파악하였다.

또한 마지막으로 자전거 이용자들은 언제 발생할지 모르는 돌발 상황에 늘 대비하며 주행한다. 도시에서 돌발 상황의 인지란 일반적으로 자전거 이용자의 경험에 의해 체득된다. 진출입구와 같은 상충구간에서 다른 운전자와 부딪히거나 전방의 자전거 운전자와 충돌하거나 하는 등의 상황을 대비하기 위해 자전거 이용자들은 이러한 상황이 발생할 것으로 예상되는 지점을 끊임없이 탐색함을 통해 언제 발생할지 모르는 위험에 대비한다.

#### 4) 소결

본 연구를 통해 자전거 이용자들이 도시환경을 인식함에 있어 다음의 특징이 나타나는 것을 도출할 수 있었다.

첫 번째로 자전거 이용자들은 T자형 응시행동을 통해 도시환경을 인식한다. 전방과 전방의 20° 아래 위치한 자전거 도로로의 두 개의 주요 응시지점을 중심으로 자전거 이용자들은 T자형의 범위 내에서 도시환경을 응시한다. 이러한 응시 범위의 형태는 자전거 주행 시 최소한의 안구 및 고개움직임을 통해 전방 및 주변 환경을 파악할 수 있는 가장 합리적인 응시범위 및 형태이다.

이 범위 내에서 자전거 이용자들의 응시 변화는 전방과 자전거 도로, 자전거 도로와 주변 도로 및 건물 등으로의 응시의 반복을 통해 도시환경을 인식한다. 이와 함께 도시적 돌발 상황에 따라 응시지점이 전방에 매우 집중되거나 응시가 확장되는 두 가지의 일시적인 응시변화가 동반된다.

두 번째로 도시적 요소에 따라 각기 다른 응시 특징을 도출할 수 있다. 자전거 이용자들은 건물을 응시할 때 건물이 가지는 특정 개별적인 특징보다 T자형 범위 내에 위치해 있는지에 대한 여부가 더 큰 응시 유도요인으로 작용하였다. 또한 이와 함께 가로시설물의 경우 위치에 따라 응시차이가 두드러지게 나타났다. 마지막으로 상충구간의 경우 특정 응시행동이 도출되었는데 도시공간의 공간적인 힌트가 상충구간을 인식함에 있어 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

세 번째, 이러한 자전거 이용자들의 응시는 4가지 유형으로 구분할 수 있다. 이는 전방예측을 위한 응시, 경로 유지를 위한 응시, 도시경관 인식, 돌발 상황 인지를 위한 응시이다. 언제 발생할지 모르는 불확실한 돌발 상황으로의 응시를 제외하고 경로유지(46.7%), 전방예측(26.9%), 도시경관 인식(26.4%) 순으로 빈번하게 발생하였다.



## 2절 구간 별 응시행동

### 1) 구간 별 도시요소로의 응시율 및 응시경로

#### ■ 구간 1 (상업건물, 차도에 인접한 자전거 전용도로일 때)

구간 1의 경우 상업건물에 인접하여 배치된 자전거 전용차로<sup>43)</sup>이다. 자전거 도로는 차도높이로 설치되었으며 차도와는 다르게 보행로와는 물리적으로 분리되어있다. 구간 1의 상업시설의 경우 카센터, 고물상, 철물점 등으로 응시를 유도할 만한 가로변 활동이 빈번하지 않고 유동인구가 많지 않다.

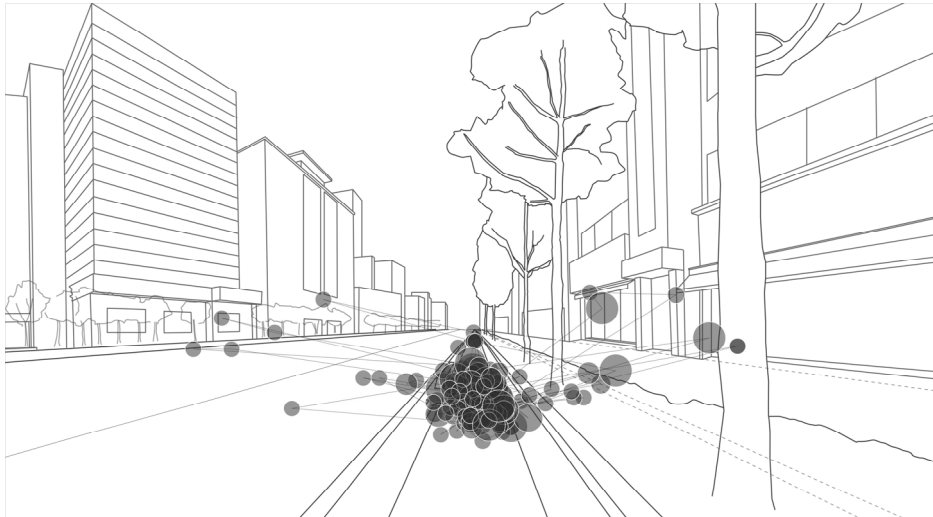
[표 4-4] 구간 1의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%)

구분	전방	도로	건물		식재	보행자 및 차량	가로시 설물	합계
			인접 건물	건너편 건물				
주행관련	27.7 (20.1)	52.6 (24.2)	0.0	0.0	0.1 (0.2)	2.3 (3.3)	0.6 (1.2)	83.3
주행관련X		1.6 (2.4)	4.1 (3.8)	2.5 (4.2)	2.1 (2.4)	2.7 (3.0)	3.7 (3.8)	16.7
합계	27.7	54.3	6.6		2.1	5.0	4.3	100.0

구간 1에서 자전거 이용자들은 [표 4-4]에서와 같이 도로(54.3%), 전방(27.7%), 건물(6.6%), 보행자 및 차량(5.0%), 가로시설물(4.3%), 식재(2.1%) 순으로 응시하였다. 이와 함께 건물을 응시할 때 응시의 1/3은 인접한 건물이 아닌 차도 건너편의 건물을 응시하였다.

또한 구간 1에서 주행 중 16.7%는 주행과 직접적인 관련이 없는 정보를 응시한 것으로 나타났다. 주행과 직접적인 관련이 없는 시각정보란 주로 건물, 안내표지판 등을 제외한 가로시설물, 주행에 직접적인 방해가 되지 않는 보행자 및 자동차를 포함한다.

43) 자전거 전용차로란 차도와 같은 높이에 배치되며 자동차의 속도가 50km/h이하일 때 특별한 물리적 분리 없이 설치되는 도로이다.



[그림 4-15] 구간 1의 응시 경로 맵(Scan path)

이와 함께 구간 1의 응시 변화과정은 위의 [그림 4-15]와 같다. T자형의 범위에 따라 전방, 도로 및 주변 도시환경을 응시하였다. 구간 1에서는 주행 중 절반 이상을 도로를 응시하였는데 대부분 자전거 도로를 응시하였지만 부분적으로 인접한 도로와 보행로를 함께 응시하였다. 그리고 자전거 도로에 위치한 주요 응시지점을 중심으로 자전거 도로를 응시함이 나타났다. 또한 주변 건물을 응시할 때 있어 주로 T자형의 범위 내에 위치한 건물의 1층 지점을 주로 응시하였다.

## ■ 구간 2 (상업건물, 차도에 인접한 자전거 전용도로일 때)

구간 2의 경우 상업건물에 인접하여 설치된 자전거 전용도로이다. 자전거 도로는 차도 높이로 설치되었으며 차도 및 보행로와 경계석, 식재를 통해 물리적으로 분리되었다.

[표 4-5] 구간 2의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%)

구분	전방	도로	건물		식재	보행자 및 차량	가로시 설물	합계
			인접 건물	건너편 건물				
주행관련	25.6 (17.6)	50.7 (21.8)	0.0 (0.0)	0.1 (0.4)	0.3 (0.8)	1.8 (3.3)	0.1 (0.3)	78.5
주행관련X		2.8 (4.0)	5.6 (5.0)	1.6 (2.6)	4.1 (6.6)	2.7 (3.7)	4.7 (5.9)	21.5
합계	25.6	53.5	7.3		4.4	4.5	4.8	100.0

[표 4-5]에 따르면 구간 2에서의 요소 별 응시율은 구간 1과 거의 유사하게 나타났다. 도로로의 응시가 전체 응시 중 절반이상(53.5%)을 차지하였으며 그 다음으로 전방으로의 응시(25.6%)가 빈번하게 발생하였다. 건물, 식재, 보행자 등으로의 응시 또한 구간 1과 거의 유사하였지만 구간 2가 구간 1보다 평균적으로 1.3% 정도 더 건물을 자주 응시하였다. 이는 구간 2에 배치된 상업시설이 편의점, 카페, 음식점 등으로 구간 1에 비해 응시를 더 유도할 가능성이 높은 업종이기 때문이다. 그럼에도 불구하고 건물로의 응시가 크게 증가하지 않은 이유는 구간 2의 경우 인접한 건물이 대형 건물로 보도 폭이 구간 1에 비해 넓고 보도 내 부분적으로 화단이 식재되어 있어 건물로의 응시가 자연스럽게 연결되지 않기 때문으로 해석된다.

또한 구간 1에 비해 구간 2의 주행과 관련 없는 정보로의 응시는 5% 정도 더 높게 나타났다.



[그림 4-16] 구간 2의 응시 경로 맵(Scan path)

구간 2의 응시 경로 맵은 위의 [그림 4-16]과 같다. 구간 2의 경우 구간 1과 비슷하게 T자형의 응시 범위 내에서 응시가 이루어졌으며 주로 인접한 가로변의 건물을 주로 빈번하게 응시함이 나타났다.

### ■ 구간 3 (녹지, 차도에 인접한 자전거 전용도로일 때)

구간 3은 가락근린공원 동남쪽에 배치된 자전거 전용도로이다. 자전거 도로는 차도에 인접하여 배치되었으며 경계석과 식재를 통해 차도 및 보행로와 물리적으로 분리되었다. 구간 3의 경우 다른 구간보다 매우 단조로운 도시적 특징을 지니는 구간이다.

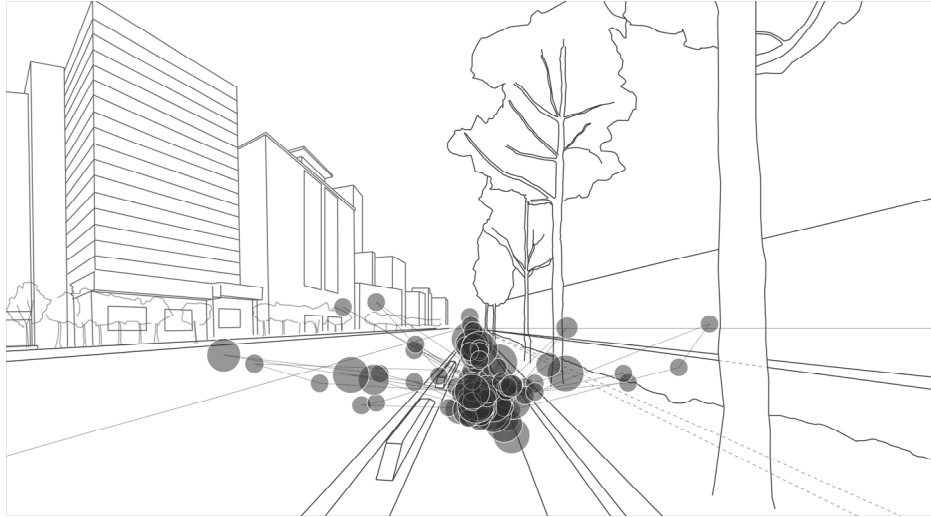
[표 4-6] 구간3의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%)

구분	전방	도로	건물		식재	보행자 및 차량	가로시 설물	합계
			인접 건물	건너편 건물				
주행관련	24.3 (15.0)	54.2 (22.5)	0.0	0.0	0.2 (0.6)	0.6 (2.4)	0.2 (0.5)	79.5
주행관련X		1.1 (1.9)	0.0	6.6 (5.5)	7.7 (7.2)	1.9 (2.4)	3.3 (4.6)	20.5
합계	24.3	55.3	6.6		7.9	2.4	3.5	100.0

[표 4-6]에 따르면 구간 3의 요소 별 응시율은 도로(54.2%), 전방(24.3%), 식재(7.7%), 건물(6.6%), 가로시설물(3.5%), 보행자 및 차량(2.4%)순으로 응시하였다. 구간 3의 경우 녹지와 인접하게 배치된 만큼 상업건물과 인접하게 배치된 구간 1과 구간 2에 비해 식재로의 응시는 다소 높았으나 건물로의 응시에는 큰 차이가 없었다. 구간 3에서 자전거 이용자들은 인접한 가로에 건물이 배치되지 않았을 때 건물로의 응시가 감소하기 보단 상대적으로 멀리 배치되어 있는 건너편 건물을 대체적으로 응시하는 것으로 나타났다.

또한 구간 3에서 주행과 관련이 없는 정보로의 응시는 20.5%로 구간 2와 비슷하였다.

구간 3의 응시 경로는 다음 [그림 4-17]과 같다.



[그림 4-17] 구간 3의 응시 경로 맵(Scan path)

#### ■ 구간 4 (녹지, 보도에 인접한 자전거 겸용도로일 때)

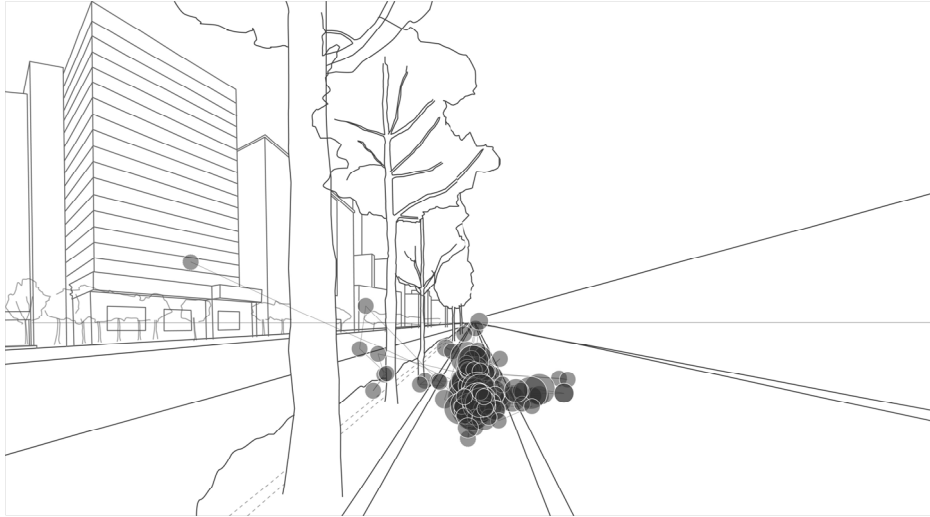
구간 4는 대형 업무용 빌딩과 소규모 공원에 인접하여 배치된 자전거 겸용 도로이다. 빌딩과는 약 4~5m 폭의 가로녹지대를 통해 시각적으로 분리되어 있다. 자전거 도로의 경우 보도높이로 보행로와 물리적 분리 없이 설치되었다. 이 구간의 경우 가락시장 사거리, 아파트 단지 입구에 인접한 구간으로 출퇴근 시간이 아님에도 불구하고 보행량이 많은 편이었다. 또한 버스정류장, 노점상이 가로변에 배치되어 있어 다른 구간에 비해 보다 혼잡하다.

[표 4-7] 구간 4의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%)

구분	전방	도로	건물		식재	보행자 및 차량	가로시 설물	합계
			인접 건물	건너편 건물				
주행관련	28.5 (16.2)	36.0 (19.2)	0.0	0.0	3.0 (5.4)	26.6 (17.4)	1.0 (2.0)	95.2
주행관련X		0.3 (1.1)	0.2 (0.9)	2.4 (4.1)	0.5 (1.7)	1.4 (2.1)	0.1 (0.2)	4.8
합계	28.5	36.3	2.6		3.5	28.0	1.1	100.0

구간 4의 경우 상대적으로 혼잡한 구간으로 다른 구간에 비해 보행자 및 차량으로의 응시가 대략 20%가량 높았다. 보행자 및 차량으로의 응시가 증가한 만큼 건물, 식재, 가로시설물, 도로로의 응시가 감소하였다. 그러나 전방으로의 응시는 다른 구간과 유사하였다.

[표 4-7]에 따르면 구간 4의 경우 주행과 관련 없는 응시는 4.8%로 다른 구간들에 비해 매우 낮았다. 상대적으로 많은 유동인구, 가로변 노점상 등으로 혼재된 보행로와 물리적으로 분리되어 있지 않은 구간 4의 경우 주행난이도는 다른 구간에 비해 매우 높아진다. 이 경우 대부분의 자전거 이용자들은 다른 보행자와 충돌을 피하기 위해 매우 집중하며 주행하였고 이는 시각적 집중으로 나타났다.



[그림 4-18] 구간 4의 응시 경로 맵(Scan path)

구간 4의 응시 경로 맵은 위의 [그림 4-18]과 같다. 응시 범위는 T자형의 범위 내에서 위치되어 있지만 대다수의 응시지점이 주요 응시지점으로 집중됨을 알 수 있다. 이는 주행경로 내에 주행에 직접적인 영향을 미치는 보행자가 많을 경우 일시적으로 주변 도시 경관으로의 응시가 감소하고 전방 및 도로로의 응시가 증가하기 때문에 발생한다.



■ 구간 5 (녹지, 보도에 인접한 자전거 전용도로일 때)

구간 5는 아파트 단지과 인접하여 배치된 자전거 전용도로로서 아파트 단지와는 녹지대를 통해 시각적, 물리적으로 분리되어 있다. 자전거 도로는 보도높이로 배치되었으며 화단을 통해 보행로와 분리되어 있다.

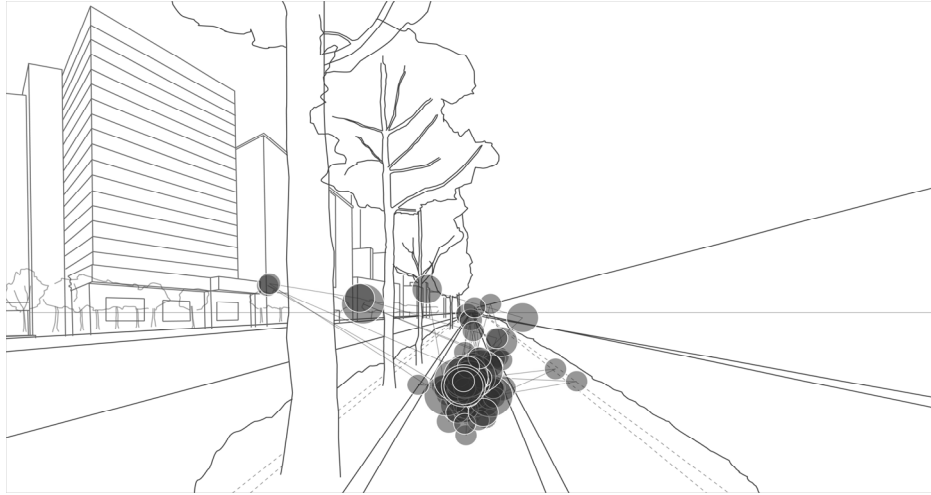
[표 4-8] 구간 5의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%)

구분	전방	도로	건물		식재	보행자 및 차량	가로시 설물	합계
			인접 건물	건너편 건물				
주행관련	21.0 (15.1)	47.5 (24.4)	0.0	0.0	6.0 (8.0)	1.5 (5.2)	2.3 (3.8)	78.4
주행관련X		1.3 (2.1)	0.0	8.0 (9.2)	3.3 (6.0)	2.5 (4.6)	6.6 (10.6)	21.6
합계	21.0	48.7	8.0		9.3	4.0	9.0	100.0

[표 4-8]에 따르면 구간 5의 요소 별 응시율은 녹지와 인접한 다른 구간과 유사하였으나 부분적으로 도로의 응시가 다소 감소한 만큼 가로시설물로의 응시가 증가하였다. 이는 이 구간에서 주변 경관을 응시할 때 보행로와 녹지를 경계 짓는 펜스로의 응시가 증가하였기 때문이다.

또한 구간 3에 비해 건너편 건물로의 거리가 거의 2배 이상 증가하였으나 건너편 건물로의 응시는 오히려 다소 증가하였다.

[그림 4-19]에 따르면 구간 5의 응시 경로는 다음과 같다.



[그림 4-19] 구간 5의 응시 경로 맵(Scan path)

■ 구간 6 (상업건물, 보도에 인접한 자전거 전용도로일 때)

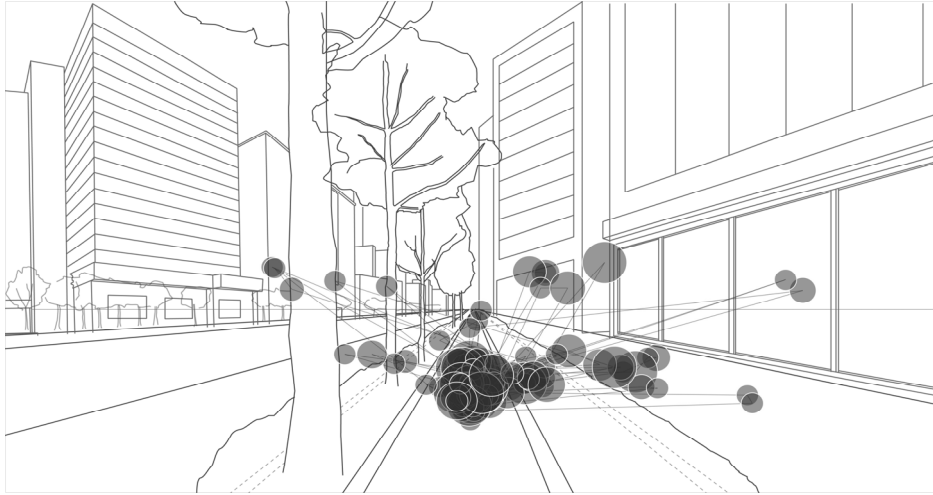
구간 6의 경우 상업건물에 인접하여 배치된 자전거 전용도로이다. 자전거 도로는 보도높이로 설치되었으며 화단을 통해 보도와 물리적으로 분리되어있다. 구간 6의 상업건물의 경우 구간 1, 구간 2의 상업시설에 비해 대로변에 위치되어 있으며 좀 더 집객효과가 큰 업종의 상가들이 분포되어 있다.

[표 4-9] 구간 6의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%)

구분	전방	도로	건물		식재	보행자 및 차량	가로시 설물	합계
			인접 건물	건너편 건물				
주행관련	23.7 (14.9)	41.9 (22.9)	0.0	0.0	6.6 (14.7)	2.1 (2.8)	2.1 (2.0)	76.4
주행관련X		1.8 (2.0)	11.8 (11.0)	2.7 (2.8)	0.5 (1.2)	4.5 (3.6)	2.3 (4.1)	23.6
합계	23.7	43.7	14.5		7.1	6.7	4.3	100.0

구간 6의 요소 별 응시율은 다른 구간과 유사하였으나 도로와 건물로의 응시에 있어 큰 차이가 있었다. [표 4-9]에 따르면 구간 6의 경우 다른 구간에 비해 상대적으로 건물로의 응시가 1.5 ~ 2배가량 높았다. 이는 구간 6에 배치된 상업시설의 경우 카센터, 철물점 등과 같은 구간 1, 2의 상업시설에 비해 더 응시를 유도할 만한 상업시설이 배치되어 있으며 부분적으로 가로변에 자전거 전시 등과 같은 상업 활동의 확장도 발생하였기 때문으로 해석할 수 있다. 이와 함께 보행로에 배치된 자전거 전용도로는 자전거 이용자의 주행 난이도를 낮춰 보다 주변 도시환경을 응시할 수 있는 여유시간(spare time)을 증가시키기 때문으로도 해석 할 수 있다.

또한 일반적으로 자전거 도로가 상업건물에 인접하여 배치될수록 주행과 관련이 없는 정보로의 응시가 증가할 것이라는 예상과는 달리 구간 6의 경우 응시율은 23.6%로 다른 구간과 큰 차이가 발생하지 않았다.



[그림 4-20] 구간 6의 응시 경로 맵(Scan path)

구간 6의 응시 변화과정은 위의 [그림 4-20]과 같다. 다른 구간에 비해 구간 6의 경우 주변 도시 경관으로의 응시 변화가 활발하게 발생하였다. 주로 인접 건물의 간판, 쇼윈도(show window) 등을 응시하였으며 보행로 내의 보행자로의 응시 또한 상대적으로 활발하게 나타났다.

## ■ 구간 7 (상업건물, 보도에 인접한 자전거 겸용도로일 때)

구간 7은 상업건물에 인접하여 배치된 자전거 겸용도로이다. 구간 6과 같이 보도높이로 설치되어 있으나 보행로와의 물리적인 분리는 되어있지 않다. 이 구간에서 보행자는 자전거 도로와 보행로를 구분 없이 통행하였으나 보행량이 많지 않아 주행에 있어 특별한 어려움은 없었다.

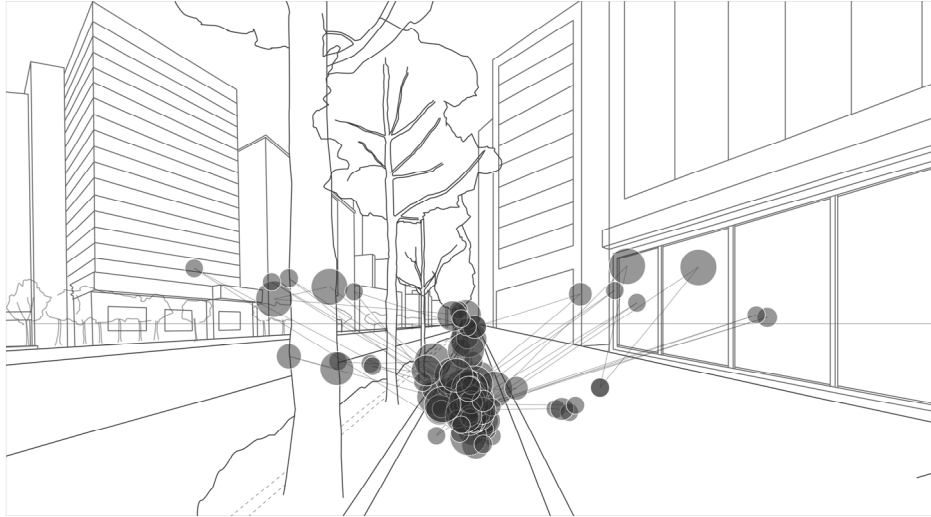
[표 4-10] 구간7의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%)

구분	전방	도로	건물		식재	보행자 및 차량	가로시 설물	합계
			인접 건물	건너편 건물				
주행관련	25.7 (16.5)	43.5 (23.3)	0.0	0.0	0.6 (1.1)	3.6 (3.7)	0.6 (0.9)	74.0
주행관련X		2.6 (4.0)	9.7 (8.0)	6.3 (4.9)	0.2 (0.3)	4.1 (3.6)	3.0 (4.2)	26.0
합계	25.7	46.1	16.0		0.8	7.7	3.6	100.0

구간 7의 요소별 응시율의 경우 동일하게 상업건물과 보도에 인접하게 배치된 구간 6과 같이 건물로의 응시가 상대적으로 높게 나왔다. 그러나 구간 7의 경우 구간 6과 건물로의 총 응시율은 큰 차이가 없었지만 구간 6에 비해 건너편 건물로의 응시가 증가하였다. 이는 구간 6에 비해 건너편 가로와의 거리가 가까워진 만큼 더 쉽게 인식하였으며 이에 응시가 증가한 것으로 판단된다.

구간 7의 경우 전체 구간 중에서 주행과 관련 없는 시각정보로의 응시가 26%로 전체 구간 중 가장 높게 나타났다.

구간 7의 응시 변화 과정은 다음 [그림 4-21]과 같다. 대체적으로 구간 6과 같이 주변 도시환경으로의 응시가 매우 활발하게 나타났다. 그러나 구간 7의 경우 자전거 도로를 포함한 보도의 폭이 3~3.5m로 넓지 않고 보행자와 물리적으로 분리가 되어 있지 않음에도 불구하고 보행량이 많지 않아 구간 4와 같이 전방으로 응시가 매우 증가되는 경향을 보이지 않았다.



[그림 4-21] 구간 7의 응시 경로 맵(Scan path)

■ 구간 8 (녹지, 보도에 인접한 자전거 겸용도로일 때)

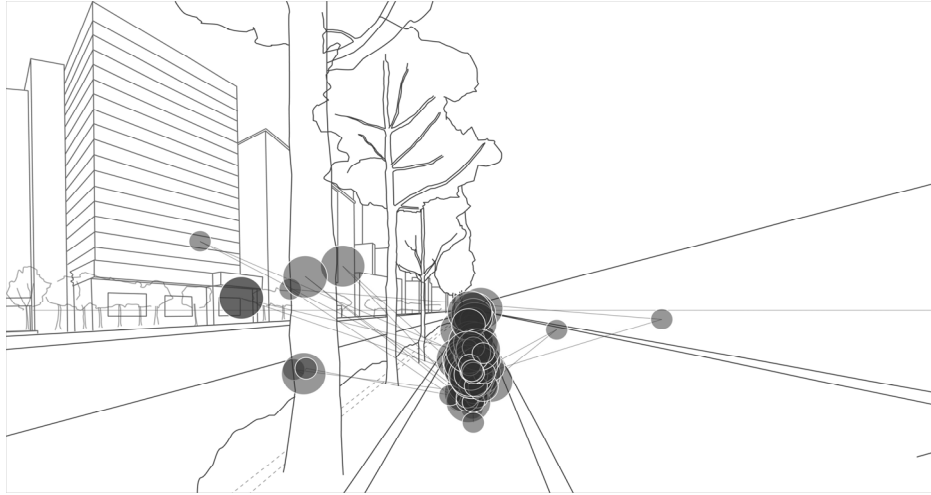
구간 8의 경우 근린공원, 초등학교, 아파트 단지와 인접하여 배치된 자전거 겸용도로이다. 이 경우 녹지대 혹은 담벼락을 통해 시야가 차단되었다. 자전거 도로는 구간 7과 같이 보도높이로 보행로와 물리적 분리 없이 설치되었다.

[표 4-11] 구간 8의 요소 별 응시율의 평균 및 표준편차(%)

구분	전방	도로	건물		식재	보행자 및 차량	가로시 설물	합계
			인접 건물	건너편 건물				
주행관련	27.8 (14.4)	45.8 (18.2)	0.0	0.0	1.5 (2.8)	3.7 (3.8)	0.7 (1.2)	79.5
주행관련X		2.5 (3.6)	0.0	9.4 (8.7)	2.5 (4.3)	2.6 (2.7)	3.5 (5.4)	20.5
합계	27.8	48.3	9.4		4.0	6.3	4.2	100.0

구간 8의 요소별 응시율의 경우 구간 5와 가장 유사하게 나타났다. 도로(48%), 전방(27.8%), 건물(9.4%), 보행자 및 차량(6.3%), 가로시설물(4.2%), 식재(4.0%)순으로 응시가 빈번하게 발생하였다. 구간 8의 경우 구간 5에 비해 차선수가 1/2 정도로 반대편 가로와의 거리에서 차이가 있었음에도 불구하고 건물의 응시는 비슷하게 나타났다.

구간 8의 응시 변화 과정은 다음 [그림 4-22]와 같다.



[그림 4-22] 구간 8의 응시 경로 맵(Scan path)



## 2) 소결

본 연구에서는 가로변 토지이용, 자전거 도로의 배치 특성, 자전거 도로의 물리적 분리 유무, 차선 수 등과 같은 물리적 특징 차이에 따라 분석 구간을 총 8개로 분리하여 분석하였다. 각 분석 구간 별로 응시 특징을 도출하기 위해 자전거 이용자의 응시변화를 나타내는 응시 경로 맵(scan path)과 각 도시 요소(건물, 도로, 전방, 가로시설물 등)로의 응시율(%)을 분석하였다.

### ■ T자형 응시 형태 및 응시 유형

응시 범위의 경우 구간에 상관없이 대부분 T자형의 응시 형태를 유지하였다. 단지 구간마다 건물, 가로시설물 등과 같은 주변 도시환경을 얼마나 응시하느냐에 따라 一자 방향(좌우방향)의 응시 변화폭이 달라졌다. 이에 따라 T자형의 형태에 부분적으로 차이가 있었다. 또한 구간 4와 같이 전방에 원활한 주행을 방해하는 보행자가 많을 경우 전방으로의 응시가 매우 집중되고 주변 도시환경으로의 응시가 감소하는 일시적인 응시변화가 함께 나타났다.

구간 별 응시율(%)에 따르면 구간에 상관없이 대부분의 응시는 도로, 전방, 건물, 식재, 보행자 및 자동차, 가로시설물 순으로 빈번하게 발생하였다. 이와 함께 구간마다 돌발 상황으로의 응시를 제외한 응시 유형의 비율(%)이 조금씩 다르게 나타났는데 이는 다음 [표 4-12]와 같다.

전방예측 응시의 경우 구간에 따라 최소 21.0% ~ 최대 27.8% 정도로 나타났으며 구간에 따른 큰 차이는 발생하지 않았다. 경로유지의 경우 최소 36.3% ~ 최대 55.3%로 평균 48.8%를 응시하였다. 경로유지로의 응시율이 최소인 경우는 구간 4로 보행자 등으로 인해 혼잡하여 전방, 보행자 및 자동차로의 응시가 매우 증가하였고 상대적으로 도로로의 응시가 감소하였다.

도시환경으로의 응시는 최소 18.0% ~ 최대 35.2%이며 평균 25.7%이다. 일반

적으로 도시환경으로 응시가 증가하는 것은 구간 6, 구간 7과 같이 주변 건물로의 응시가 매우 증가하는 경우 혹은 구간 4와 같이 구간이 혼잡하여 보행자 및 자동차로의 응시가 매우 증가하는 경우를 포함한다.

또한 건물로의 응시의 경우 부분적으로 가로변 토지이용이 녹지인 경우 건물이 배치된 구간에 비해 식재로의 응시가 증가하였다. 그러나 식재로의 응시가 증가한 만큼 건물로의 응시가 감소하기 보단 반대편 건물을 응시함을 통해 주행 중 최소 약 6% 이상 건물로의 응시가 나타남을 알 수 있다.

[표 4-12] 구간 별 응시 유형(%)

구분	구간1	구간2	구간3	구간4	구간5	구간6	구간7	구간8	평균
전방예측	27.7	25.6	24.3	28.5	21.0	23.7	25.7	27.8	25.5
경로유지	54.3	53.5	55.3	36.3	48.7	47.7	46.1	48.3	48.8
도시환경 인식	18.0	20.9	20.4	35.2	30.3	28.6	28.2	23.9	25.7

## ■ 시각적 주의분산

시각적 주의 분산이란 자전거 주행 중 주행과 직접적인 관련이 없는 시각 정보로의 응시를 말한다. 구간에 따라 차이가 있었지만 평균적으로 자전거 이용자들은 자전거 주행 중 19.4% 정도 주행과 관련 없는 정보를 응시하는 것으로 나타났다.

구간 4의 경우 혼잡한 구간으로 자전거 주행으로의 집중이 매우 야기된다. 따라서 시각적 주의분산은 4.8%로 매우 감소하였다. 이와는 달리 구간 6과 구간 7의 경우 상업건물, 보도 높이에 배치된 구간으로 주행난이도가 상대적으로 낮고 다른 구간에 비해 상대적으로 상업 활동이 활발하다. 따라서 상대적으로 시각적 주의 분산의 비율이 높게 나타났다.

[표 4-13] 구간별 시각적 주의분산 된 응시데이터

구분	구간1	구간2	구간3	구간4	구간5	구간6	구간7	구간8	평균
전체 응시시간(s)	1418.2	1132.3	1010.3	829	791.4	2481	2120.7	2121.6	1488.1
시각적 주의분산(s)	236.8	243.4	207.1	39.8	170.9	585.5	551.4	434.9	308.7
시각적 주의분산(%)	16.7	21.5	20.5	4.8	21.6	23.6	26.0	20.5	19.4

### 3절 도시환경에 따른 응시행동

본 연구에서는 자전거 이용자의 응시행동에 영향을 미치는 도시적 특징으로 자전거 도로의 차도와 인접 여부(자전거 도로의 배치), 가로변 토지이용, 물리적 분리유무, 혼잡도에 주목하였다. 이러한 특징에 따른 응시행동의 차이를 도출하기 위해 시야영역을 다음과 같이 구분하였다. 돌발 상황을 제외한 3가지 응시 유형에 따라 전방, 경로유지(도로), 도시경관 인식(건물, 식재, 가로시설물, 보행자 및 차량)의 요소로 분리하고 각 요소에 따른 응시율<sup>44)</sup>을 측정하였다. 도시적 특징에 따른 응시율의 차이는 독립표본 t-test를 이용하여 검증하였다.

#### 1) 자전거 도로의 차도 인접 여부

자전거 도로의 배치는 자전거 이용자의 시각에 영향을 미칠 것으로 예상되는 주요 요인이다. [그림 4-23]과 같이 자전거 도로가 차도에 인접하여 배치될 경우 차도와 같은 높이에 설치되며 자전거 도로와 보행로는 가로수를 통해 분리된다. 이 경우 자전거 이용자는 심리적으로 차도에 속해있는 것처럼 느껴진다. 이와는 달리 보도에 인접하여 배치된 경우 보도와 같은 높이로 설치되며 차도와는 가로수를 통해 분리된다. 이 경우 보행자와 같은 시각경관을 가지게 된다. 따라서 자전거 도로가 어디에 인접하여 설치되는냐는 자전거 이용자의 주요 시각경관 차이를 야기하며 이는 응시행동의 차이를 야기할 것이다.

차이 검증을 위한 비교구간은 구간 1과 구간 7로 자전거 도로 배치 특성을 제외한 가로변 토지이용, 차선 수, 자전거 도로 폭, 물리적 분리 유무 등은 동일하였다.

---

44) 응시율(%)은 전체 응시시간 중 각 요소로의 응시시간(fixation duration)에 대한 비율을 말한다.



[그림 4-23] 차도 인접 배치(좌), 보도 인접 배치(우)

[표 4-14]에 따르면 각 응시요소에 따라 전방, 식재를 제외하고 도로, 건물, 가로시설물, 보행자 및 차량에서 응시율의 차이가 도출되었다( $p < 0.05$ ). 전방으로의 응시는 도로 배치에 따른 차이가 없었으나 자전거 도로가 차도에 인접하여 배치될수록 도로로의 응시는 대략 10% 정도 증가하였다. 본 연구에서 도로는 차도, 보행로를 포함하는 개념이지만 실험결과 대부분 자전거 도로를 주로 응시하였다.

[표 4-14] 차도 인접 여부에 따른 각 요소별 응시율의 평균 및 표준편차(%),  $t(p)$

구분	응시요소(M±SD)					
	전방 예측	경로 유지	도시경관의 인식			
	전방	도로	건물	식재	가로 시설물	보행자 및 차량
차도 인접 배치	27.5% (±20.1)	54.3% (±25.0)	6.7% (±6.7)	3.2% (±4.4)	3.4% (±3.0)	4.9% (±4.4)
보도 인접 배치	26.3% (±16.0)	43.6% (±19.8)	17.1% (±8.9)	3.8% (±4.3)	0.8% (±1.0)	8.4% (±5.2)
t	0.318	2.113	-5.889	-0.627	5.199	-3.263
P-value	0.752	0.038*	0.000*	0.532	0.000*	0.002*

\* $p < 0.05$

이러한 응시 차이에 대한 주원인으로 자전거 도로가 차도 쪽으로 배치될수록 자전거 이용자의 주행난이도가 증가되었다는 점을 꼽을 수 있다. 자전거 도로가 차도에 인접하여 배치될수록 자전거 도로의 경로 이탈은 차량과의 충돌 가능성을 증가시킨다. 또한 이는 일반적으로 보행로에서 보행자와 충돌하는 것 보다 더 위험하다. 따라서 주행난이도의 증가는 경로 유지를 위한 집중을 증가시키고 자전거 이용자들로 하여금 자전거 도로로의 응시를 증가시킨다.

또한 이러한 응시 결과는 도로의 질에 따른 응시를 연구한 Vansteenkiste et al.(2014)의 연구에서 도로의 질이 낮아질수록 주행난이도가 증가하고 이는 도로로의 응시를 증가시킨다는 결과와 같다.

이와 함께 자전거 도로가 보도에 인접하여 배치된 경우 주행난이도 및 경로 유지로의 필요성이 감소하여 도로로의 응시가 줄어든 만큼 도시경관으로의 응시가 증가하였다. 그 중 가로시설물로의 응시는 다소 감소하였지만 건물과 보행자 및 차량으로의 응시가 2~3배 증가하였다. 또한 도로의 배치가 보도와 인접하여 배치된 경우 건물과 보행자로의 거리가 상대적으로 가까워진 것도 이러한 것으로의 응시 증가에 중요한 요인으로 작용한다.

따라서 자전거 도로가 차도 쪽으로 배치될수록 자전거 이용자들의 주행난이도 및 경로유지 필요성을 증가시켜 도로로의 응시를 증가시킨다. 그러나 이와 달리 보도 쪽으로 배치될수록 주행난이도는 감소하게 되고 인접한 도시환경에 대한 응시가 더 증가하게 된다. 이와는 달리 차도 인접여부에 따른 전방으로의 응시에는 차이가 없다.

## 2) 가로변 토지이용

자전거 도로의 가로변 토지이용은 운전자의 시각적 혼잡도(visual clutter)에 영향을 미치며 이는 운전자의 응시에 주요한 영향을 미친다고 논의되어 왔다. 자동차 시각연구에 따르면 시각적으로 도로경관이 혼잡할수록 운전자의 주행 난이도를 증가시키며 이는 주행으로의 집중을 증가시킨다. 이는 전방 및 도로로의 응시 증가를 야기한다. 이에 본 연구에서는 자전거 도로 변 토지이용이 상업건물(구간 2)과 녹지(구간 3)일 때의 응시차이를 살펴보았다. 자전거 도로에 인접한 가로와 달리 건너편 가로의 토지이용의 경우 상업건물로 통일하였다.



[그림 4-24] 상업건물(좌), 녹지(우)

[표 4-15]에 따르면 가로변 토지이용에 따라 건물, 식재, 보행자 및 차량으로의 응시차이가 도출되었다( $p < 0.05$ ). 예상과 같이 가로변 토지이용이 상업건물일수록 건물로의 응시가 증가하고 식재로의 응시가 감소하였다. 그러나 본 연구에서는 전방, 도로로의 응시에 있어 차이가 발생하지 않았다.

기존의 가로변 토지이용에 따른 응시차이를 논의한 논문들에서 가로변 토지이용이 상업건물과 같이 시각적으로 혼잡할수록 주행으로의 응시(전방, 도로)가 증가하는 것과는 다르게 본 연구에서는 이러한 도시적 특징 차이가 도출되지 않았다(Hughes and Cole, 1986; Young et al., 2009; Brown et al., 2014). 이

는 자동차 운전자와는 다르게 가로변 토지이용의 차이가 자전거 이용자의 주  
 행난이도에 큰 차이를 야기하지 않는 것으로 해석할 수 있다. 가로변 토지이  
 용은 도로의 특징에 비해 자전거 이용자로 하여금 주행환경의 성격에 직접적  
 인 영향을 끼치지 않았다.

[표 4-15] 가로변 토지이용에 따른 각 요소별 응시율의 평균 및 표준편차(%), t(p)

구분	응시요소(M±SD)					
	전방 예측	경로 유지	도시경관의 인식			
	전방	도로	건물	식재	가로 시설물	보행자 및 차량
상업건물	27% (±13.5)	39.3% (±18.7)	16.9% (±9.9)	6.5% (±3.8)	2.9% (±2.2)	7.3% (±4.2)
녹지	22.6% (±15.0)	45.6% (±23.1)	9.2% (±9.2)	15.5% (±14.2)	3.1% (±4.2)	4% (±6.9)
t	-1.386	1.327	-3.603	3.859	0.213	-2.568
P-value	0.170	0.188	0.001*	0.000*	0.832	0.013*

\*p<0.05

따라서 최종적으로 가로변 토지이용은 도시경관을 인식하는데 있어 부분적  
 인 응시 차이는 야기하지만 전방 예측, 경로 유지에는 차이를 야기하지 않는  
 다.



### 3) 자전거 도로의 물리적 분리 유무

자전거 도로는 차도 및 보행로와 시각적 혹은 물리적 분리를 통해 설치된다. 일반적으로 자전거 도로가 차도 및 보행로와 분리가 되어 있지 않을수록 충돌의 위험에 따른 주행난이도가 증가한다고 알려져 있다. 또한 이는 주행으로의 집중을 증가시키고 주변 도시경관으로의 응시를 감소시키는 것으로 나타났다(Mantuano et al., 2016). 본 연구에서는 경계석을 통해 물리적으로 분리된 구간 2와 도로 선을 통해 시각적으로만 분리된 구간 1의 응시율을 비교하였다.



[그림 4-25] 물리적 분리X(좌), 물리적 분리O(우)

[표 4-16]에 따르면 본 연구에서는 자전거 도로의 물리적 분리 유무에 따른 응시 차이가 도출되지 않았다( $p>0.05$ ). Mantuano et al.(2016)의 연구에서 자전거 도로가 물리적으로 분리될수록 전방으로의 응시가 증가하는 것과 달리 본 연구에서는 뚜렷한 응시 차이가 발생하지 않았다. 이는 실험구간의 유동인구가 물리적 분리에 따른 응시차이를 야기할 정도로 충분히 높지 않았기 때문으로 판단된다.

또한 이러한 결과는 포장 및 경계선을 통해 시각적으로만 분리된 자전거 도로가 유동인구가 많은 경우를 제외하고 물리적으로 분리된 자전거 도로와 큰 차이가 없음을 나타낸다.

[표 4-16] 자전거 도로의 분리 유무에 따른 각 요소별 응시율의 평균 및 표준편차(%), t(p)

구분	응시요소(M±SD)					
	전방 예측	경로 유지	도시경관의 인식			
	전방	도로	건물	식재	가로 시설물	보행자 및 차량
물리적 분리O	27.2% (±15.2)	54.7% (±17.8)	6.6% (±4.7)	5% (±5.8)	2.5% (±2.9)	4.1% (±4.0)
물리적 분리X	27.5% (±20.1)	54.3% (±25.0)	6.7% (±6.7)	3.2% (±4.4)	3.4% (±3.0)	4.9% (±4.4)
t	0.096	-0.083	0.078	-1.546	1.276	0.932
P-value	0.924	0.934	0.938	0.127	0.206	0.354

\*p<0.05

#### 4) 혼잡도

자전거 주행 중 교통량은 자전거 주행에 가장 직접적인 영향을 미치는 요인 중 하나이다. 본 연구에서는 가락시장 사거리에 인접하여 유동인구가 다소 높은 구간 4와 그렇지 않은 구간 8의 응시차이를 비교하였다. 유동인구를 제외한 도로 배치(보도), 가로변 토지이용(녹지), 물리적 분리 유무(검용)는 동일하다.

[표 4-17]에 따르면 혼잡도에 따른 응시의 차이는 전방, 도로, 가로시설물을 제외한 건물, 식재, 보행자 및 차량으로의 응시에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 주행구간의 교통량이 많을수록 건물, 식재로의 응시가 절반 이상 감소하고 보행자 및 차량으로의 응시가 약 23% 정도로 매우 증가하였다. 이와는 달리 혼잡구간에서 전방, 도로로의 응시가 다소 감소하기는 하였지만 통계적인 차이는 발생하지 않았다.

[표 4-17] 혼잡도에 따른 각 요소별 응시율의 평균 및 표준편차(%), t(p)

구분	응시요소(M±SD)					
	전방 예측	경로 유지	도시경관의 인식			
	전방	도로	건물	식재	가로 시설물	보행자 및 차량
낮음	33.1% (±14.6)	41.2% (±17.4)	10.2% (±7.1)	8.6% (±6.5)	0.9% (±1.2)	5.9% (±3.5)
보통	28.5% (±27.5)	35.9% (±28.1)	3.1% (±5.7)	3.2% (±5.8)	1.2% (±2.4)	28.6% (±30.0)
t	0.953	1.020	4.940	3.911	-0.776	-4.741
P-value	0.344	0.312	0.000*	0.000*	0.441	0.000*

\*p<0.05

자전거 도로가 명확하고 유동인구가 높지 않은 본 연구의 분석구간에서의 보행자 및 자동차로의 응시는 주행과 직접적으로 관련이 없는 경우가 일반적

이다. 이에 본 연구에서는 보행자 및 차량으로의 응시를 도시경관을 인식하는 것으로 해석하였다. 그러나 이러한 혼잡구간에서 보행자 및 차량으로의 응시는 주로 주행과 관련되어 보행자 및 다른 자전거 이용자가 전방의 시야 및 경로를 직접적으로 가로막을 때 주로 발생하였다. 이 경우 보행자 및 자동차를 응시하는 것은 단순히 도시경관을 응시하는 것을 넘어 전방 예측, 경로 유지의 역할도 함께 수행하게 된다.

따라서 자전거 도로 구간이 혼잡할수록 주행으로의 집중이 증가하게 되고 이는 보행자 및 자동차로의 응시의 증가로 이어진다. 또한 주행과 직접적인 관련이 없는 건물, 식재로의 응시는 감소한다. 이와는 달리 전방, 도로로의 응시에는 차이가 없다.

## 5) 소결

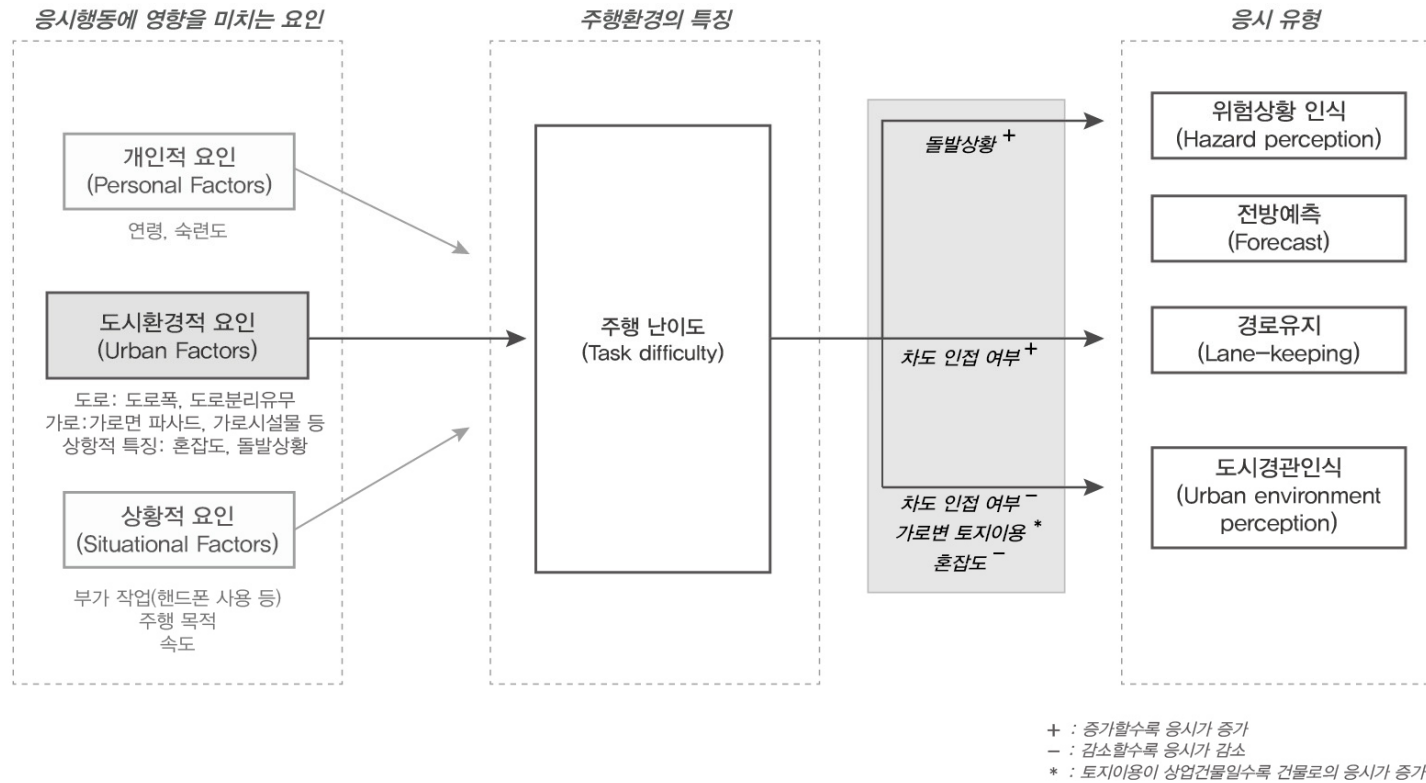
본 연구에서는 자전거 이용자의 응시에 영향을 미치는 요인(개인적, 도시환경적, 상황적) 중 도시 환경적 요인에 주목하였다. 기본적으로 개인적, 상황적 요인과 더불어 여러 도시적 특징의 차이는 자전거 이용자마다 주관적인 주행난이도 차이를 야기한다. 이는 자전거 이용자의 응시에 영향을 미치며 각 응시 유형의 빈도차이를 야기하게 된다.

그 중 위의 4가지 도시적 특징에 의해 자전거 이용자의 응시행동에 어떠한 차이가 발생하는지 고찰하였다. 이에 따르면 4가지 도시적 특징 중 자전거 도로의 물리적 분리 유무를 제외한 차도와와의 인접 여부, 가로변 토지이용, 혼잡도에 따라 응시 차이가 발생하였다. 도시적 특징과 응시행동과의 관계는 다음 [그림 4-26]과 같다.

자전거 도로가 차도에 인접하여 배치될수록 주행난이도 및 경로유지의 필요성이 증가하였다. 이에 따라 도로(경로유지)로의 응시가 증가하였고 주변 도시경관으로의 응시는 감소하였다.

이와 달리 가로변 토지이용의 경우 도시경관을 인식함에 있어 부분적인 차이를 야기하는 것으로 나타났다. 가로변 토지이용이 상업건물일수록 건물로의 응시가 증가하고 식재가 감소하였으며 가로변 토지이용이 녹지인 경우 반대의 응시가 야기되었다.

마지막으로 혼잡도의 경우 혼잡할수록 주행과 관련된 보행자 및 자동차의 응시가 증가하였으나 건물과 식재와 같은 도시경관으로의 인식은 감소하였다.



[그림 4-26] 도시적 특징과 응시 유형과의 관계

## 제5장 결론

본 연구는 자전거 이용자의 시선추적을 통해 자전거 이용자들이 도시환경을 어떻게 받아들이고 도시적 특징이 자전거 이용자들의 응시행동에 어떤 영향을 미치는지 규명하는 것을 목표로 하였다. 이에 본 연구에서는 아이트래커를 활용한 현장주행실험을 통해 자전거 이용자의 안구움직임을 정량적으로 측정하였고 여러 도시적 상황(차도와의 인접여부, 자전거 도로의 물리적 분리 유무, 가로변 토지이용, 혼잡도)에 따른 응시변화를 살펴보았다.

본 연구에서의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 자전거 이용자들은 도시환경을 T자형의 응시행동을 통해 인식한다. 전방과 전방의 20° 아래 위치한 자전거 도로로의 두 개의 주요 응시지점을 중심으로 T자형의 범위 내에서 주로 응시함이 나타났다. 이러한 응시 범위의 형태는 자전거 주행 시 최소한의 안구 및 고개움직임을 통해 전방 및 주변 환경을 파악할 수 있는 가장 합리적인 응시범위 및 형태이다.

이 범위 내에서 자전거 이용자들의 응시 변화는 전방과 자전거 도로, 자전거 도로와 주변 도로 및 건물 등으로의 응시의 반복을 통해 도시환경을 인식한다. 이와 함께 도시적 돌발 상황에 따라 응시지점이 전방에 매우 집중되거나 응시가 확장되는 두 가지의 일시적인 응시변화가 동반된다.

둘째, 자전거 이용자의 응시 유형은 다음 4가지로 구분할 수 있다. 이는 전방예측을 위한 응시, 경로 유지를 위한 응시, 도시경관 인식, 돌발 상황 인지를 위한 응시이다. 언제 발생할지 모르는 불확실한 돌발 상황으로의 응시를 제외하고 경로유지(46.7%), 전방예측(26.9%), 도시경관 인식(26.4%) 순으로 빈번하게 발생하였다.

셋째, 본 연구에서 주목한 자전거 도로의 차도와의 인접 여부 자전거 도로 분리 유무, 가로변 토지이용, 혼잡도 중 가장 응시 특징에 영향을 많이 미치는 것은 차도와의 인접 여부와 혼잡도였다.

도로가 차도 쪽으로 배치될수록 대체적으로 주행난이도가 증가하였고 경로 유지를 위한 자전거 도로로의 응시가 증가하였다. 이와 함께 주행으로의 집중이 증가하고 도시경관의 인식이 감소하였다. 혼잡도의 경우 전방과 도로로의 응시에는 차이가 없었으나 주행과 관련 없는 정보로의 응시가 매우 감소하는 것으로 나타났다. 또한 가로변 토지이용의 경우 전방과 도로의 응시에는 영향을 미치지 못하였으나 가로변 토지이용의 특징에 따라 건물 및 식재로의 응시에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이와는 달리 본 연구에서는 분리유무의 경우 자전거 이용자의 응시행동에 유의미한 영향을 미치지 않았다. 선행연구에서 분리유무가 응시행동에 큰 차이를 야기한다는 것과 다른 결과이다. 이는 본 연구의 구간의 혼잡도가 낮아 분리여부가 크게 중요하지 않았기 때문에 응시행동에 큰 차이가 발생하지 않았다고 판단된다.

이를 통한 본 연구의 설계적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 자전거 도로를 설계함에 있어 특정 구간의 자전거 이용 목적에 맞는 응시유형이 활용될 수 있도록 계획한다. 도시 내에서 자전거 이용은 자동차와는 달리 통근 및 통학과 같은 교통수단, 여가수단, 관광수단 등 다양한 목적으로 이루어진다. 이 경우 목적에 따라 4가지 응시유형이 적절하게 활용되어야 하며 이를 도시적 특징을 통해 조절할 수 있다. 특정 구간의 목적이 통근 및 통학을 위한 자전거의 빠른 이동이라면 자전거 도로를 차도쪽으로 배치함을 통해 주행의 집중도를 증가시킬 수 있다. 그러나 이와 달리 관광이나 여가와 같이 도시경관의 인식이 중요하다면 보도쪽으로 배치함을 통해 도시경관의 원활한 인식이 가능하도록 계획하는 것이 적합하다.



둘째, 혼잡도가 높지 않은 구간에서 자전거 전용차도와 겸용도로의 설치는 도시상황에 적절한 계획으로 적용될 수 있다. 일반적으로 자전거 도로를 설치할 때 물리적으로 공간이 분리된 전용도로가 우선적으로 선호된다. 이와 달리 물리적 분리가 뚜렷하지 않은 전용차도와 겸용도로의 경우 상대적으로 위험하다고 여겨진다. 그러나 본 연구에서 혼잡도가 심각하지 않은 경우에는 이러한 전용차도와 겸용도로의 응시행동이 전용도로와 유사한 것으로 나타났다. 즉, 물리적으로 분리되지 않는 것이 자전거 이용자들의 주행난이도에 부정적인 영향을 끼치지 않았다. 따라서 도시적 상황에 맞게 겸용도로와 전용차도를 설치하는 것은 효과적인 전략으로 작용될 수 있다.

셋째, 자전거 주행 시 공간적 힌트는 위험상황을 인지하는 것에 있어 중요한 역할을 하며 이를 적절히 활용하는 것이 중요하다. 현재 자전거 도로 계획에 있어 공간의 변화를 암시하는 도로 내 패턴의 변화, 사인 등은 실제 조성 목적에 맞게 활용되고 있음이 나타났다. 이러한 공간적 힌트가 뚜렷할수록 응시가 유도되며 위험상황으로의 대처가 증가하였다. 또한 이와 같은 공간적 힌트를 계획할 때에 있어 지면에서 3~4m 이격된 높이에 설치하는 것 보다 응시가 활발한 영역인 전방과 자전거 도로에 인접하여 계획하는 것이 더 효과적이다.

본 연구에서는 자전거 이용자의 시선을 정량적으로 측정하고 이에 따른 자전거 이용자의 응시 특징과 설계적 시사점을 도출하였다는 점에서 의의가 있으나 다음의 한계점을 지닌다. 자전거 이용자의 요소 별 응시율을 측정할 때 있어 표준편차가 다소 크게 도출되었다. 이는 데이터 수의 문제도 있겠지만 시각연구의 한계 상 실제 분석에 활용되는 응시데이터가 최대 몇 분 단위로

길지 않은 것에서 기인한다. 따라서 향후 연구에서 실험 시 측정율과 실험시간을 높여 충분한 응시데이터의 양을 확보한다면 좀 더 정확한 응시행동을 관찰할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

### 단행본

- Schall, Andrew(2014), 『Eye Tracking In User Experience Design』. Elsevier
- Richardson, Daniel and Spivey, Michael(2004), 『Encyclopedia of biomaterials and biomedical engineering』, CRC Press
- L. Solso, Robert, 신현정 (역)(2003) 『시각심리학』, 시그마프레스
- Hartley, Laurence and Castro, Candida(1993), 『Human Factors of Visual and Cognitive Performance in Driving』, CRC Press

### 연구보고서

- 정경옥, 이재용(2015), “자전거 교통사고 급증 원인 분석과 대책”, 한국교통연구원
- Wickens, Christopher et al.(2001) “Pilot task management: Testing an attentional expected value model of visual scanning”, UIUC Institute of Aviation Technical Report

### 논문

- 김종하(2014), “시선추적과 인지”, 건축학회, 58(9), 21-26
- 박진호, 김형철(2013). “도로특성별 운전자의 응시지점 변화에 관한 연구”, 국토연구, 77: 83-101
- Ahlstrom, Christer et al.(2016) “Bicyclists’ visual strategies when conducting self-paced vs. system-paced smart phone tasks in traffic”

- , *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 41: 204-216.
- Bendak, Salaheddine and Al-Saleh, Khalid (2010), "The role of roadside advertising signs in distracting drivers" , *Journal of Industrial Ergonomics*, 40: 233-236
- Crundall, David et al.(2006), "Attraction and distraction of attention with roadside advertisements" , *Journal of Accident analysis & Prevention*, 38: 671-677
- Donges, Edmund(1978), "A two-level model of driver steering behavior" , *Human Factors*, 20.6: 691-707.
- Edquist, Jessica and Johnston(2008), "Visual clutter in road environments what does, and what to do about it" , *Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference*.
- Fuller, Ray(2005), "Towards a general theory of driver behaviour" , *Accident Analysis & Prevention*, 37.3: 461-472.
- Hajime, Ito et al.(2001), "Visual distraction while driving: Trends in Research and Standardization" , *IATSS Research*, 25(2): 20-28
- Hughes, PK and Cole, BL(1986), "What attracts attention when driving?", *Journal of the Ergonomics*, 29(3): 377-391
- Land, Michael and Julia Horwood(1995), "Which parts of the road guide steering?", *Nature*, 377.6547: 339-340
- Mantuano, Alessandra et al.(2016), "Cyclist gaze behavior in urban space: An eye-tracking experiment on the bicycle network of Bologna" , *Case studies on transport policy*, 5(2): 408-416
- Young, Mark et al. (2009), "Conflicts of interest: The implications of roadside advertising for driver attention" , *Journal of Transportation*

*Research*, 12: 381-388

Perez, William and Bertola, Mary(2011), “The effect of visual clutter on driver eye behavior” , *Proceedings of the Sixth International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*

Rudin, Brown et al.(2014), “Effects of driving experience and sensation-seeking on drivers’ adaptation to road environment complexity” , *Journal of Safety Science*, 62: 121-129

Recarte M.A. and Nunes L.M. (2003), “Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination, and decision making” . *Journal of Experimental Psychology*, 9(2): 119-137.

Safford, Reese(1971), “Visual spare capacity in automobile driving and its sensitivity to carboxyhemoglobin” . The Ohio State University

Underwood, Geoffrey et al.(2014), “Visual attention while driving: sequences of eye fixations made by experienced and novice drivers” , *Journal of Ergonomics*, 46(6): 629-646

Vansteenkiste, Pieter et al.(2013), “The visual control of bicycle steering: The effects of speed and path width” , *Accident Analysis and Prevention*, 51: 222-227

Vansteenkiste, Pieter et al.(2014), “The implications of low quality bicycle paths on gaze behavior of cyclists: A field test” *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 23: 81-87.

Vansteenkiste, Pieter et al.(2015), “Visual guidance during bicycle steering through narrow lanes: A study in children.” *Accident Analysis & Prevention*, 78: 8-13.

Vansteenkiste, Pieter et al.(2016), “A hazard-perception test for cycling

children: An exploratory study” , *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 41: 182-194.

Wade, Nicholas(2010), “Pioneers of eye movement research,” *Iperception*, 1(2): 33-68

Wickens, Christopher et al.(2003) “Attentional models of multitask pilot performance using advanced display technology” , *Human factors*, 45.3: 360-380.

Zeuwts, Linus et al. (2016), “Hazard perception in young cyclists and adult cyclists” , *Accident Analysis & Prevention*, 105: 64-71

## 기타

“아이트래킹이란” <https://tobiikorea.wordpress.com/2015/09/21/eye-tracking/>  
(검색일:2017년 9월 5일).

“How do Tobii Eye Trackers work?” <https://www.tobiiipro.com> (2017년 9월 2일)

## 부 록

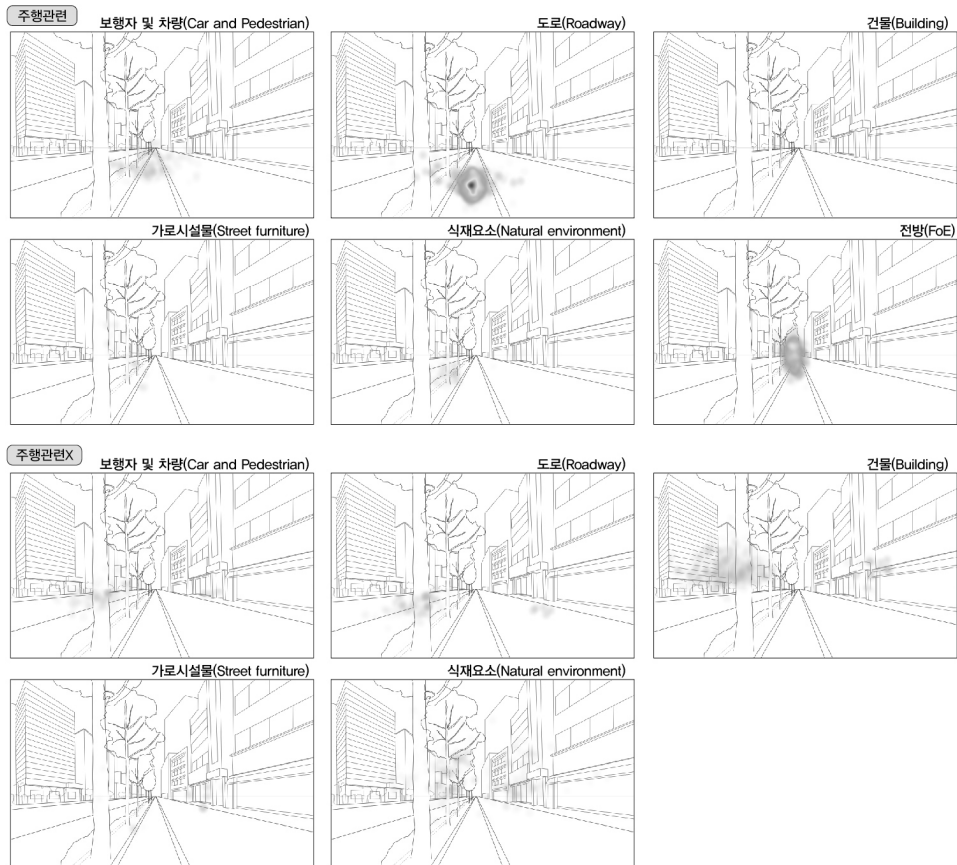
### ■ 실험참여자

데이터	성별	나이	자전거경력	이용횟수	이용목적
1	남	27	5~10세	월 1~2회	운동
2	여	24	5~10세	월 1~2회	여가
3	여	24	5~10세	월 1~2회	운동
4	여	22	15~20세	주 1~2회	출퇴근 및 통학
5	여	24	5~10세	연 1~2회	여가
6	여	23	5~10세	4(2달에 1번)	여가
7	여	20	5~10세	연 1~2회	여가
8	여	23	20세 이후	연 1~2회	출퇴근 및 통학
9	여	24	5~10세	연 1~2회	관광
10	남	27	10~15세	주 1~2회	운동
11	남	25	5~10세	주 1~2회	운동
12	남	28	5~10세	월 1~2회	운동
13	남	29	5~10세	월 1~2회	운동
14	남	27	5~10세	연 1~2회	여가
15	남	29	5~10세	연 1~2회	관광
16	남	22	5~10세	주 5일 이상	출퇴근 및 통학
17	남	25	10세~15세	주 1~2회	운동
18	여	21	5~10세	월 1~2회	여가
19	남	24	10~15세	월 1~2회	운동
20	남	26	5~10세	주 1~2회	운동
21	여	24	15~20세	주 1~2회	여가
22	남	26	10~15세	주 5일 이상	출퇴근 및 통학
23	남	22	10~15세	연 1~2회	관광
24	여	24	5~10세	연 1~2회	기타
25	여	25	10~15세	연 1~2회	여가
26	여	24	5~10세	연 1~2회	기타
27	남	25	20세 이후	월 1~2회	운동
28	남	22	5~10세	월 1~2회	운동
29	여	22	10~15세	월 1~2회	운동
30	여	22	10~15세	주 1~2회	여가
31	남	23	5~10세	주 5일 이상	운동
32	여	26	5~10세	월 1~2회	운동

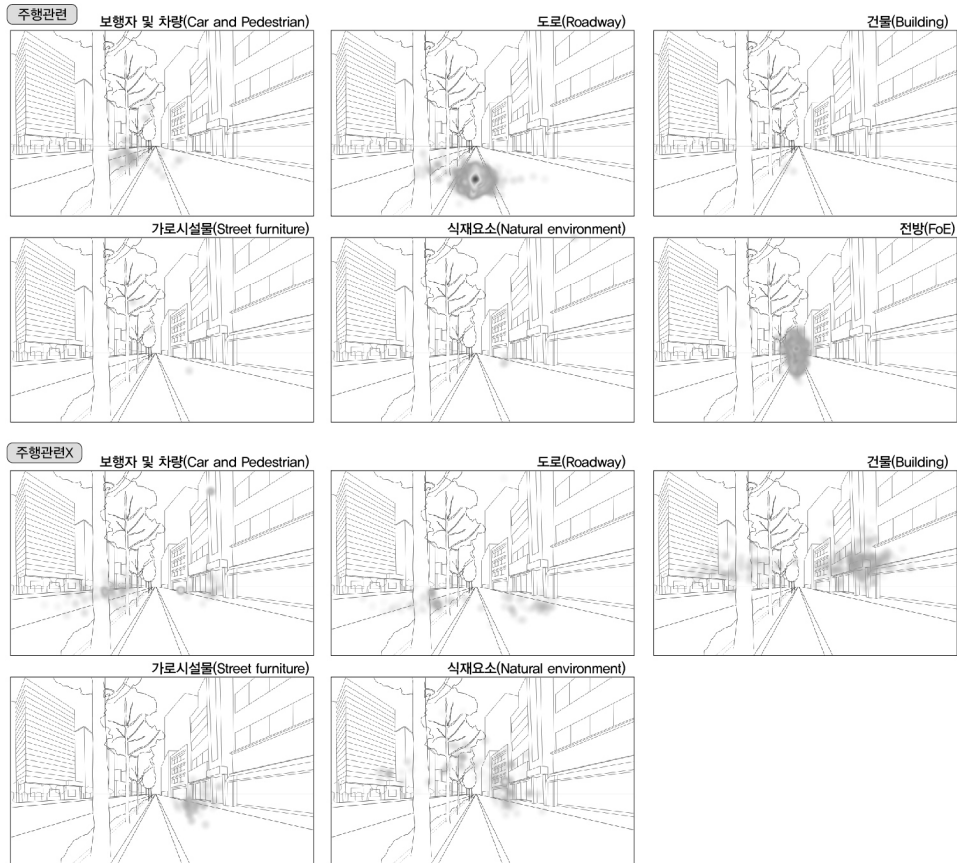
33	남	29	10~15세	주 1~2회	여가
34	남	27	5~10세	주 1~2회	운동
35	남	26	5~10세	월 1~2회	출퇴근 및 통학
36	여	29	5~10세	주 1~2회	운동
37	남	21	5~10세	연 1~2회	운동
38	여	19	10~15세	연 1~2회	여가
39	여	23	5~10세	월 1~2회	여가
40	남	23	5~10세	연 1~2회	여가
41	여	21	5~10세	월 1~2회	여가
42	여	24	5~10세	월 1~2회	여가
43	남	28	5~10세	월 1~2회	운동
44	남	20	5~10세	월 1~2회	여가
45	여	25	5~10세	월 1~2회	운동
46	여	25	5~10세	주 5일 이상	출퇴근 및 통학
47	남	25	5~10세	주 1~2회	여가
48	여	26	5~10세	월 1~2회	여가
49	여	26	5~10세	연 1~2회	여가
50	남	29	5~10세	연 1~2회	여가



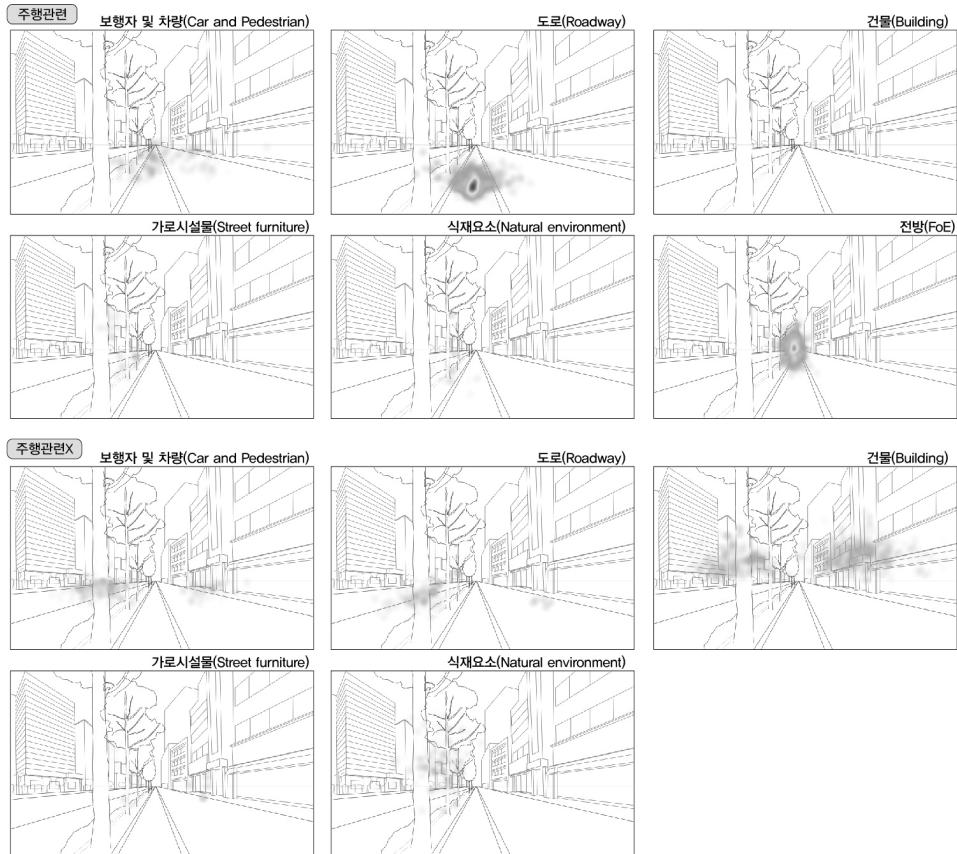
## ■ 구간 1의 시각화 자료(Heat map)



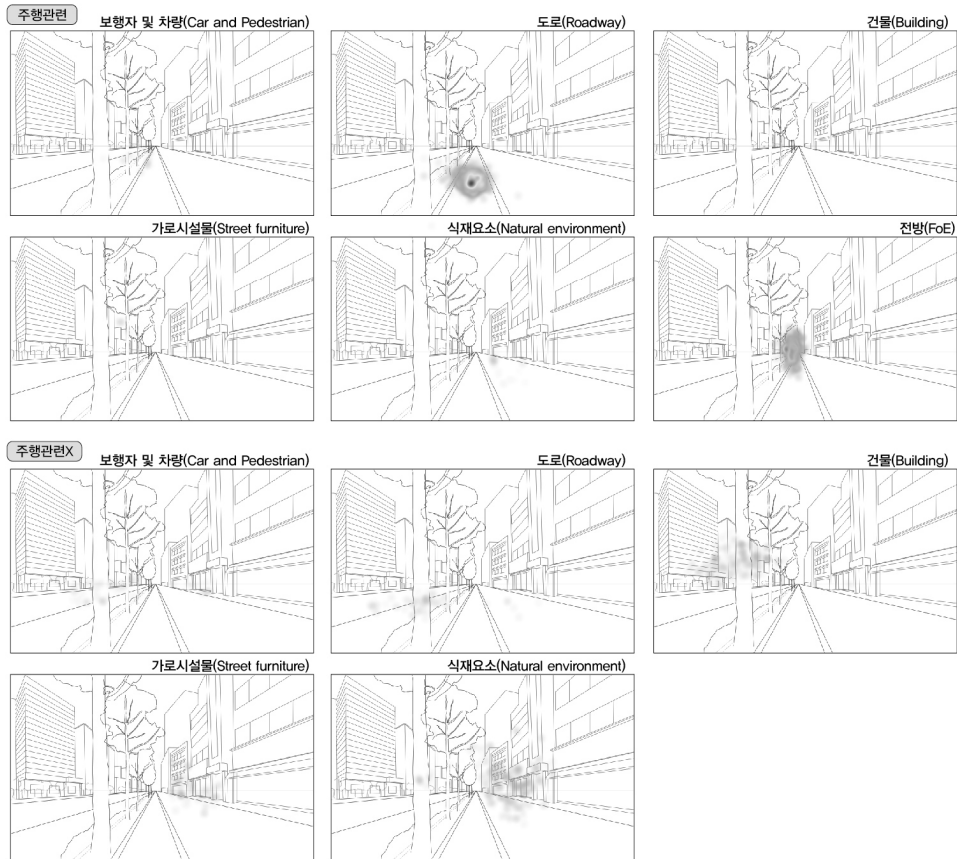
## ■ 구간 2의 시각화 자료(Heat map)



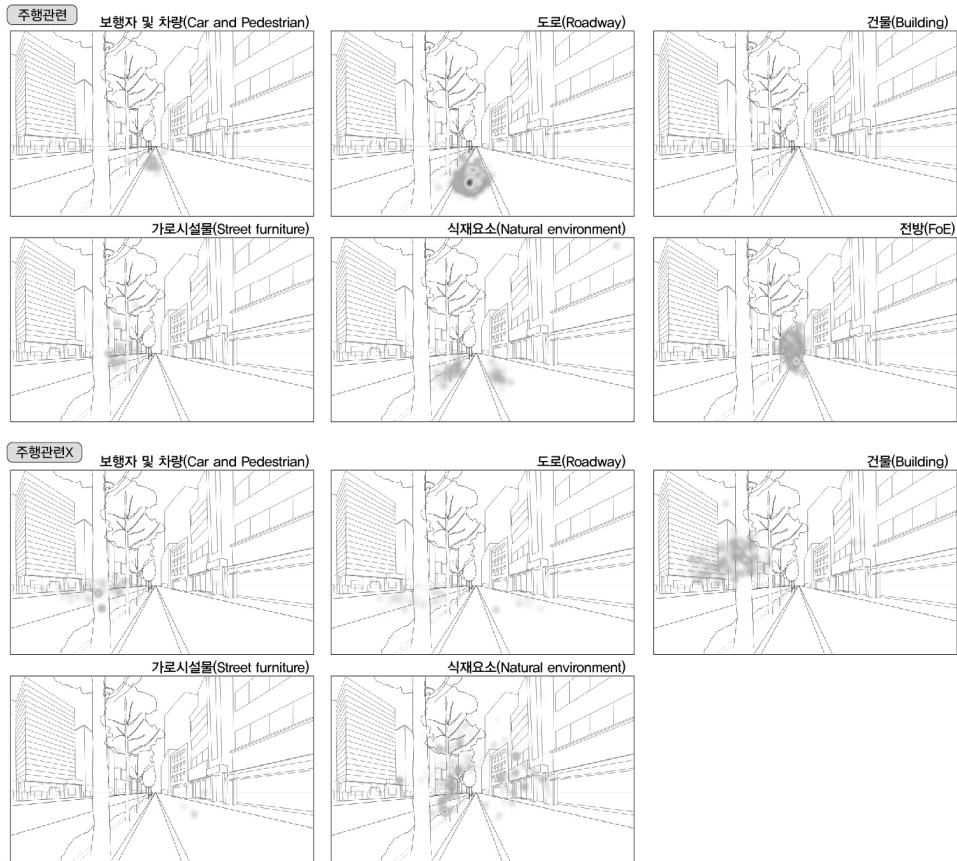
## ■ 구간 3의 시각화 자료(Heat map)



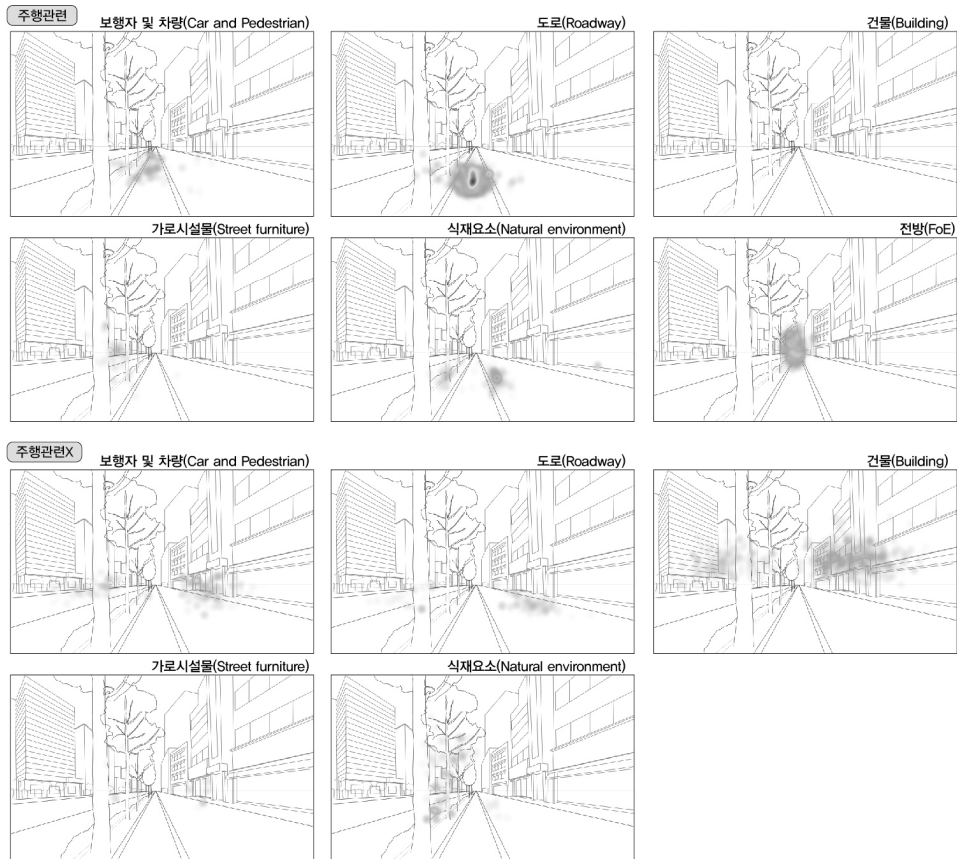
## ■ 구간 4의 시각화 자료(Heat map)



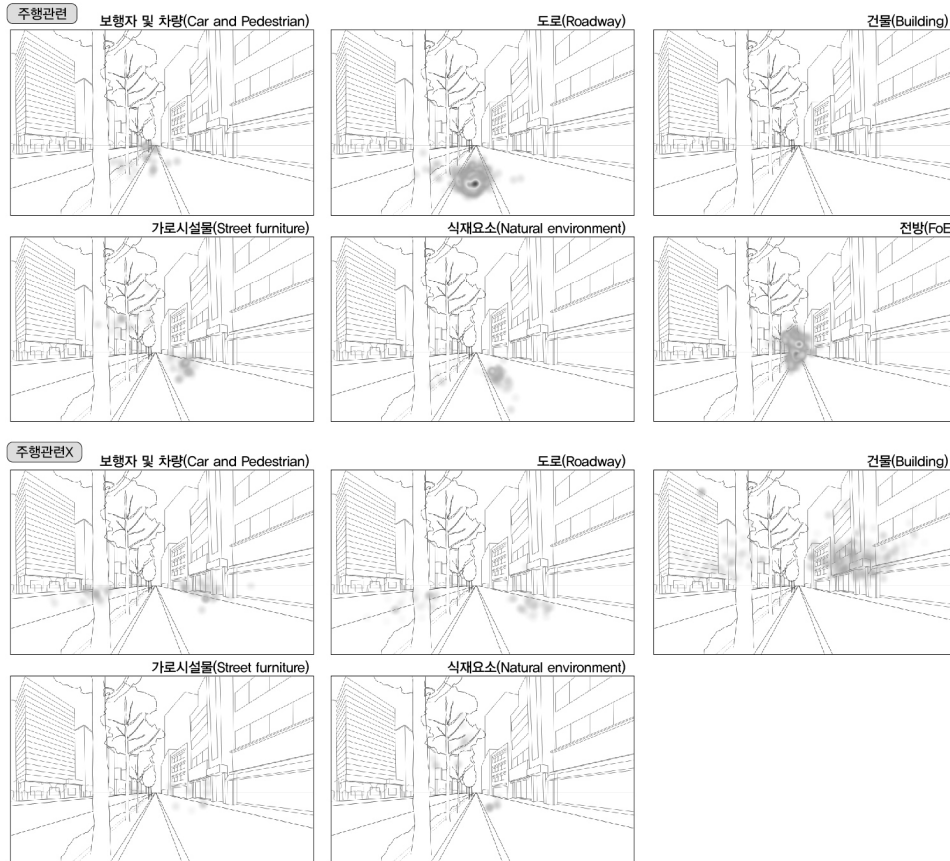
## ■ 구간 5의 시각화 자료(Heat map)



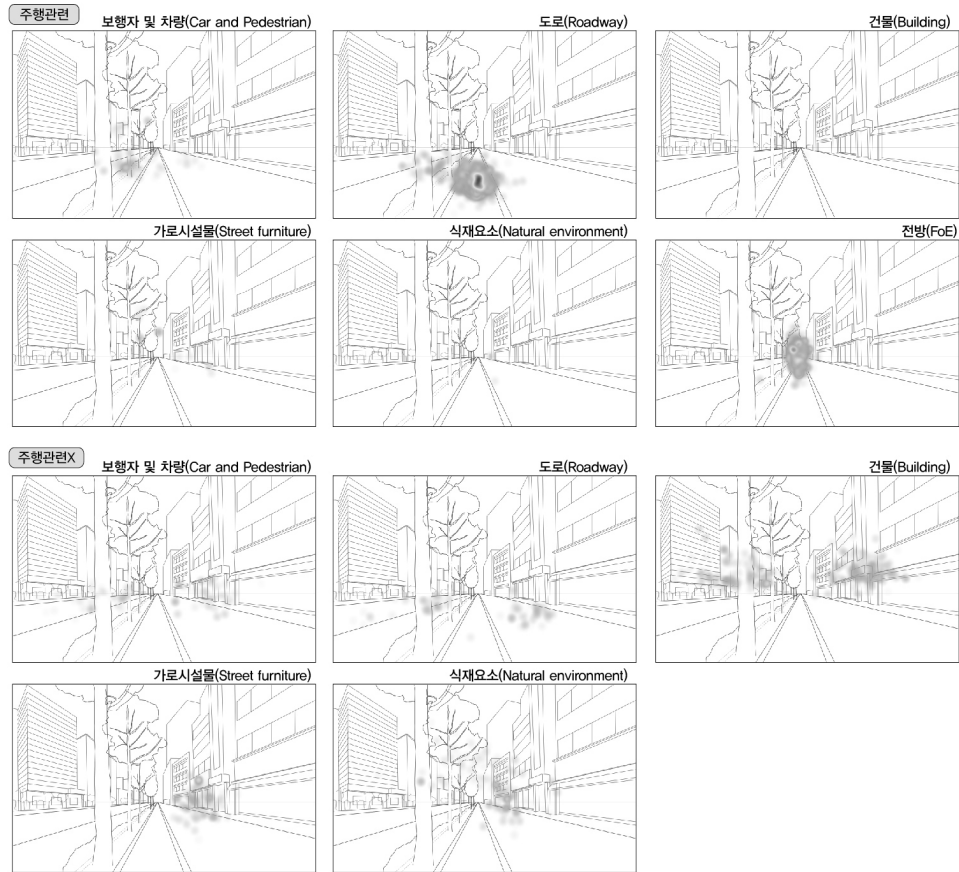
## ■ 구간 6의 시각화 자료(Heat map)



## ■ 구간 7의 시각화 자료(Heat map)



## ■ 구간 8의 시각화 자료(Heat map)





# Abstract

This study aims to investigate how cyclists gaze at urban environment and are influenced by that. It can provide a fundamental understanding of the cyclists behavior and design implications for bicycle infrastructure planning.

This study quantitatively measured eye movements using eye tracker. 50 participants(20~29 years of age, university student) took part in this study. The cycling route defined for the experiment includes bike roads in Songpa-gu, Seoul, except for an intersection and was divided into 8 sections by physical characteristics with different types of bike road and land use.

40 gaze data of 50 data were used for analysis. It was excluded the data which was not recorded because the experimental equipment was disconnected and ETR was below 80%. Validated data was obtained through segmentation, data visualization, and AOI analysis using Tobii pro analyzer program. An average of 2350 seconds of gaze data were measured per participant and 762(252 seconds) of fixation data were extracted.

The following experimental results were obtained.

First, cyclists gaze at urban environment using T-shaped area with two gaze points(FoE, bike road below 20° of FoE). This is optimal area with minimal eye and head movement to gaze at urban environment.

Second, the gaze types by purpose is as follows : Forecast(26.9%), Lane-keeping(46.7%), Perception of urban environment(26.4%), Hazard perception.

Third, the most important factors of urban characteristics for gaze

behavior was the proximity to road and the degree of congestion. The more bike road is close to road, the more gaze to bike road increase. And it had more attention to driving and decreased for non-related cycling information with high congestion. But the congestion didn't influence gaze for FoE, bike road. And land use impacted gaze for building and street tree. On the other hand, the physical segregation of bike road didn't affect gaze behavior.

The design implications derived from this study are as follows.

First, when designing a bicycle road, it is reasonable to consider cyclists' gaze types suitable for the purpose of bicycle use in a certain section.

Second, the independent bicycle lane can be applied as the appropriate plan for the urban situation where the congestion is not high.

Third, the spatial hint with cycling plays an important role in recognizing the dangerous situation,

■ Keyword : Gaze behavior, Eye tracker, Eye tracking, Cyclist

■ Student Number : 2015-24909